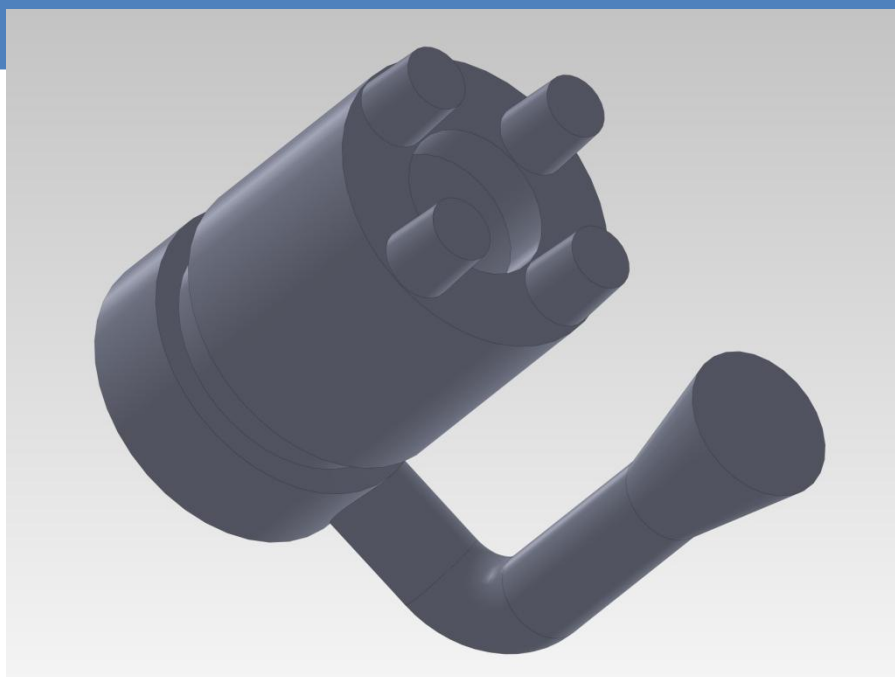


P.F.C: Simulación de fundición por ordenador mediante QuikCAST



Javier Vallejo Royo

Tutor del proyecto: Jesús Casanova

08/05/2013

Índice

<i>Introducción</i>	4
<i>Breve historia y características de la fundición</i>	5
<i>Consideraciones de diseño</i>	9
Esquinas, ángulos y espesor de la sección.	9
Áreas planas.	9
Contracción.	9
Línea de partición.	9
Ángulos de salida.	10
<i>Partes del Molde</i>	11
Cavidad de vertido (cono, vertedero)	11
Bebedero.	11
Canal de colada o de distribución.....	12
Ataques.	12
Vientos.	12
Respiraderos.	12
Mazarotas.	13
Enfriadores/Calentadores.	13
Machos o Corazones.	13
<i>Ventajas de la simulación</i>	15
<i>Guión QuikCAST</i>	16
<i>Guión QuikCAST Rápido</i>	59



Anexos 84

 Dibujo y exportación de la pieza en Solid Works. 84

 Preparar entorno QuikCAST..... 88

 Datos para trabajar con colada de aluminio y molde de arena..... 90

Bibliografia 92

Planos y Bocetos.....93

Introducción

El presente documento es el resultado del trabajo con el programa de simulación de fundiciones QuikCAST, además de otros programas auxiliares que también se han empleado como Solid Works.

El objeto del proyecto ha sido crear un guión para aprender el manejo y usos del programa QuikCAST a los alumnos en las prácticas de la asignatura. Para ello se ha creado una pieza en 3D, esta con el programa Solid Works, aunque se podría haber hecho con cualquier otro programa que trabajara con archivos .STL.

El proyecto consta de diferentes documentos como son:

- Breve historia de la fundición.
- Consideraciones de diseño.
- Partes de un molde.
- Ventajas de la simulación.
- Los guiones de prácticas:
 - Versión normal (con todo tipo de explicaciones, notas y soluciones para el ejercicio)
 - Versión rápida (Con lo esencial para llevar a cabo la práctica)
- Anexos:
 - Dibujo y exportación de la pieza en Solid Works.
 - Preparar entorno QuikCAST.
 - Datos para trabajar con colada de aluminio y molde de arena.
 - Planos de la pieza.
 - Bocetos del molde para la pieza
- Bibliografía.

Dado que estos documentos se van a emplear de manera aislada se ha optado por numerar las páginas únicamente en la parte literaria y después de manera aislada en cada uno de los documentos.

Breve historia y características de la fundición

Las primeras fundiciones se hicieron durante el periodo 4000-3000 a-C-, utilizando moldes de piedra y metal para el colado de cobre. Con el transcurrir del tiempo se fueron desarrollando varios procesos de colado, cada uno de ellos con sus propias características y aplicaciones, a fin de llenar requerimientos específicos de ingeniería y de servicio. Mediante el colado se manufacturan muchas piezas y componentes, incluyendo cámaras, carburadores, motores, cigüeñales, partes automotrices, equipo agrícola y para ferrocarriles, tubería y acoplamientos de plomería, herramientas eléctricas, cañones de rifle, sartenes y componentes de gran tamaño para turbinas hidráulicas.

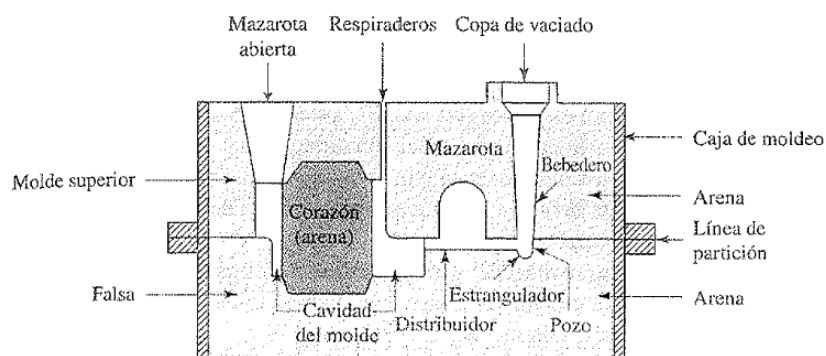


Actualmente dos tendencias están teniendo un impacto de importancia en la industria de la fundición. La primera es la constante mecanización y automatización del proceso de fundición, que ha conducido cambios significativos en el uso del equipo y de la mano de obra. Maquinaria y sistemas de control del proceso automáticos han reemplazado los métodos tradicionales de fundición. La segunda tendencia de importancia es la creciente demanda de piezas fundidas de alta calidad, con tolerancias dimensionales cerradas, y sin defectos.



Fundición por arena.

El método tradicional de vaciado de metales en moldes de arena y ha sido usado durante milenios. Explicado brevemente, la fundición en arena consiste en colocar un moedelo con la forma de la pieza deseada en arena para crear una impresión, incorporar un sistema de alimentación, llenar la cavidad resultante de metal fundido, dejar que el metal se enfríe hasta que se solidifique, romper el molde de arena y retirar la fundición. Los pasos de producción correspondientes a una operación típica de fundición.



Fundición en molde permanente.

En el proceso de fundición en molde permanente, conocido como fundición en molde duro, se fabrican dos mitades de un molde de materiales como el hierro colado, el acero, el bronce, el grafito o aleaciones de metal refractario. La cavidad del molde y el sistema de canales de alimentación se maquinan en el molde y por tanto forman parte integral del mismo. Para producir piezas con cavidades internas, se colocan corazones hechos de metal o de agregados de arena en el molde antes de la fundición.



Los materiales típicos para el corazón son la arena aglutinada con aceite o con resina, el yeso, el grafito, el hierro gris, el acero de bajo carbono y el acero para matriz de trabajo en caliente. El de uso más común es el de hierro gris, particularmente para moldes grandes en la fundición de aluminio y de magnesio. También se utilizan insertos para varias partes del molde.

A fin de incrementar la vida de los moldes permanentes, las superficies de la cavidad del molde por lo general están recubiertas con un barro refractario (como silicato de sodio y arcilla) o se rocían con grafito cada cierto número de coladas. Estos recubrimientos también sirven como agentes de separación y como barreras térmicas, controlando la velocidad de enfriamiento de la fundición. Pueden ser necesarios eyectores mecánicos (como por ejemplo bujes localizados en diversas partes del molde) para la extracción de piezas fundidas complejas; los eyectores por lo general dejan pequeñas impresiones redondas.



Los moldes se sujetan juntos por medios mecánicos y se calienta a aproximadamente 150-200°C para facilitar el flujo del metal y reducir el daño térmico a las matrices debido a gradientes de temperatura elevados. El metal fundido se vacía entonces a través de canales de alimentación. Después de la solidificación se abren los moldes y se extrae la pieza colada. Para enfriar el molde se emplean medios especiales incluyendo el agua o el uso de aletas similares a las que se encuentran en los motores de motocicleta.

Aunque la operación de fundición en molde permanente se puede llevar a cabo manualmente, el proceso se puede automatizar para grandes lotes de producción. Este proceso se utiliza principalmente para aleaciones de aluminio, magnesio, cobre y hierro gris, debido a sus puntos de fusión, por lo general inferiores. También se pueden fundir los aceros utilizando moldes de grafito o de metal resistentes al calor.

Este proceso produce a tasas elevadas de producción fundiciones con un buen acabado superficial, buenas tolerancias dimensionales y propiedades mecánicas uniformes y buenas. Piezas típicas que se fabrican incluyen los pistones automotrices, las cabezas de cilindro, las bielas, los discos en bruto para engranajes de enseres domésticos, y los utensilios de cocina. Las piezas que se pueden fabricar económicamente en general pesan menos de 25 kg, aunque se han hecho fundiciones especiales que pesan unos cuantos cientos de kilogramos utilizando este proceso.

A pesar de que el coste por equipo puede ser alto debido a los costes de las matrices, el coste por mano de obra puede mantenerse reducido mecanizando el proceso. La fundición del molde permanente no es económica para pequeños lotes de producción, y debido a la dificultad de extraer la fundición del molde, no es posible fundir formas complejas utilizando este proceso. Sin embargo, se pueden utilizar corazones de arena fácilmente colapsables y extraíbles de las fundiciones para dejar cavidades internas complejas. El proceso se conoce entonces como fundición en molde semipermanete.

Consideraciones de diseño

Esquinas, ángulos y espesor de la sección.

Deben evitarse las esquinas agudas, los ángulos y los biseles, porque actúan como elevadores de esfuerzos y pueden causar el agrietamiento del metal y de las matrices durante la solidificación. Los radios de los biseles deben seleccionarse para reducir concentraciones de esfuerzos y para asegurar un flujo adecuado del metal líquido.

Los cambios de sección en las piezas fundidas deberán ser suaves y progresivamente pasar de uno a otro.

Áreas planas.

Deben evitarse las áreas planas grandes (superficies simples), ya que se pueden torcer durante el enfriamiento debido a gradientes de temperatura o formarse un mal acabado superficial. Las superficies planas se pueden dividir usando costillas de refuerzo o serraciones.

Contracción.

A fin de evitar el agrietamiento de la pieza fundida, deberán existir tolerancias de contracción durante la solidificación. Las dimensiones del modelo también deben prever la contracción durante la solidificación y el enfriamiento. Las holguras por contracción.

Valores de la contracción volumétrica de solidificación en %

Metal o Aleación	Contracción en %
Cobre	4 - 5
Aluminio	5 - 7
Aleaciones ligeras	5 - 8
Aleaciones de Mg	4 - 5
Níquel	5 - 6
Aceros no Aleados	5 - 7
Aceros muy Aleados	8 - 10

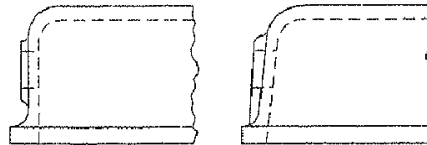
Línea de partición.

La línea de partición es aquella línea o plano que separa las mitades superior e inferior de los moldes. En general es deseable que la línea de partición quede a lo largo de un plano único, en lugar de seguir un contorno. Siempre que sea posible la línea de partición debe estar en las esquinas o bordes de las fundiciones, más bien que en superficies planas a la mitad de la fundición, de manera que las rebabas de la línea de partición no resulte tan visible.

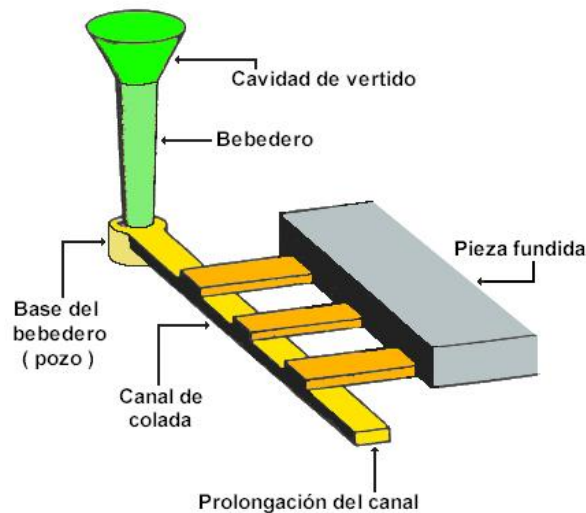
La localización es importante ya que influye en el diseño del molde, el número y la forma de los machos, el método de soporte y el sistema de canales de alimentación.

Ángulos de salida.

Es el ángulo que debe existir en las caras de las piezas para permitir la extracción de la pieza sin dañar esta ni el molde. Dependiendo de la calidad del modelo, los ángulos de salida varían entre 1° y 4° . Los ángulos en las superficies interiores típicamente son de dos veces este valor. Tiene que ser mayores que los de las superficies exteriores porque la fundición se contrae hacia adentro en dirección del corazón.



Partes del Molde



Cavidad de vertido (cono, vertedero).

Depósito en forma de copa para acomodar la corriente de metal y asegurar el flujo uniforme, para ello su colocación y tamaño es muy importante.

Funciones:

- Facilitar el vertido.
- Reducir la turbulencia.
- Separar escoria.
- Servir de depósito de metal para la pieza, para lo cual ha de solidificar en último lugar.
- Atenuar el golpe del chorro de metal líquido.

Bebedero.

Conducto en forma de tronco de cono.

Recoge el metal del cono de colada y lo conduce a canal de colada.

Condiciones:

- Que el molde se llene correctamente.
- Que durante la colada permanezca lleno.
- Que no se produzcan erosiones ni choques.

Base: disminuir velocidad del metal y separar inclusiones.

Canal de colada o de distribución.

El canal de colada puede estar formado por uno o más conductos, normalmente se encuentran colocados horizontalmente en la mitad superior del molde por encima del plano de división.

- Recibe el metal del bebedero y lo conduce a los ataques.
- Sección rectangular o triangular.
- Actúa de colector de escoria.

Ataques.

Los ataques son los últimos elementos del sistema de distribución que introducen el metal en la cavidad del molde. Su número y disposición dependen del tamaño y forma de la pieza; para piezas de gran espesor y poca superficie se necesitaran pocos, para piezas de poco espesor y gran superficie se necesitaran varios.

- Introducen el metal en la cavidad del molde.
- Nº y disposición dependen del tamaño y forma de pieza.

Vientos.

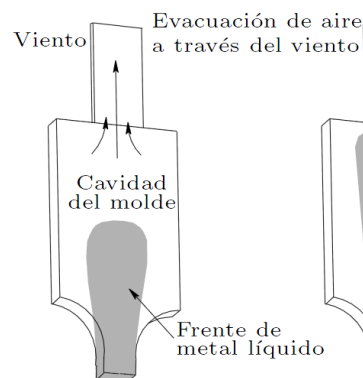
Se trata de orificios para facilitar la salida del aire del molde cuando se vierte el metal fundido. Se suelen colocar en los extremos de las piezas y la parte de ellos que se rellene durante la fundición deberá de ser removida.

- Conductos de sección muy pequeña.
- Facilitar la evacuación de gases durante la colada.

Respiraderos.

De similar funcionamiento a los vientos pero de mayor tamaño también dejan pasar partes sólidas.

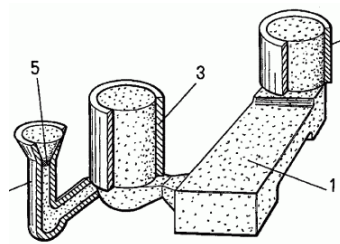
- Dar salida al aire y gases.
- Evacuar inclusiones no metálicas arrastradas.
- Regular la entrada de metal en el molde.



Mazarotas.

Son cavidades repartidas por el molde ajenas a la pieza donde se acumula el metal fundido, para que cuando se produzca la contracción de la pieza obtenga de allí material y no se produzcan rechupes. Tienen forma “rechoncha” para retardar el enfriamiento de las mismas.

- Aportar material adicional fundido durante la solidificación.
- Conseguir solidificación direccional.



Enfriadores/Calentadores.

Los enfriadores consisten en masas de metal colocadas en lugares estratégicos de la pieza que tardar mucho en enfriarse para que estas lo hagan antes para evitar defectos como rechupes.

De igual manera hay zonas que se enfrían muy deprisa, de manera que se colocan materiales exotérmicos que les aportan calor, ralentizando su solidificación y permitiendo que alimenten a otras piezas.

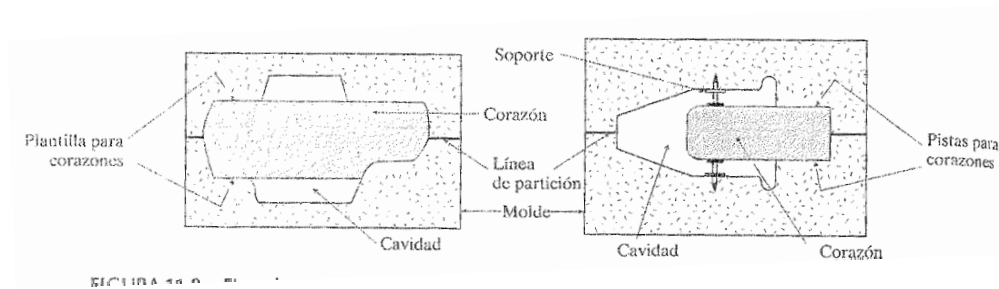
Ambos elementos favorecen la solidificación direccional.

Machos o Corazones.

Para fundiciones con cavidades o pasajes internos, como los que se encuentran en un monobloque o un cuerpo de válvulas automotrices, se utilizan machos. Los machos se colocan en la cavidad del molde antes de la colada para formar las superficies interiores de la misma y son extraídos de la pieza terminada durante la limpieza y el procesamiento posterior. Los machos deben tener resistencia, permeabilidad, capacidad de resistir el calor y colapsabilidad; por tanto, los machos, se fabrican en compuestos de arena.



El macho se fija mediante plantillas de machos. Estas se generan por recesos que se agregan al modelo para soportar al macho y proporcionar ventilaciones para el escape de los gases. Un problema común que tienen los machos es que para ciertos requerimientos de fundición, en el caso donde se requiere un receso, pueden carecer de suficiente soporte estructural en la cavidad. Para impedir que se mueva, se pueden utilizar soportes para anclar el macho en su sitio.



Por lo general los machos se fabrican de manera similar a los moldes de arena; la mayor parte se hace utilizando procesos de moldes en cascara, no cocidos o de caja fría. Los corazones se forman en cajas de corazones, que se utilizan de una manera muy similar a los modelos para formar los moldes de arena. La arena se puede compactar en las cajas con apisonadores o soplada dentro de la caja mediante aire comprimido a través de sopladores de corazón. Esto último ofrece ventajas de lograr corazones uniformes y velocidades de producción muy altas.

Ventajas de la simulación

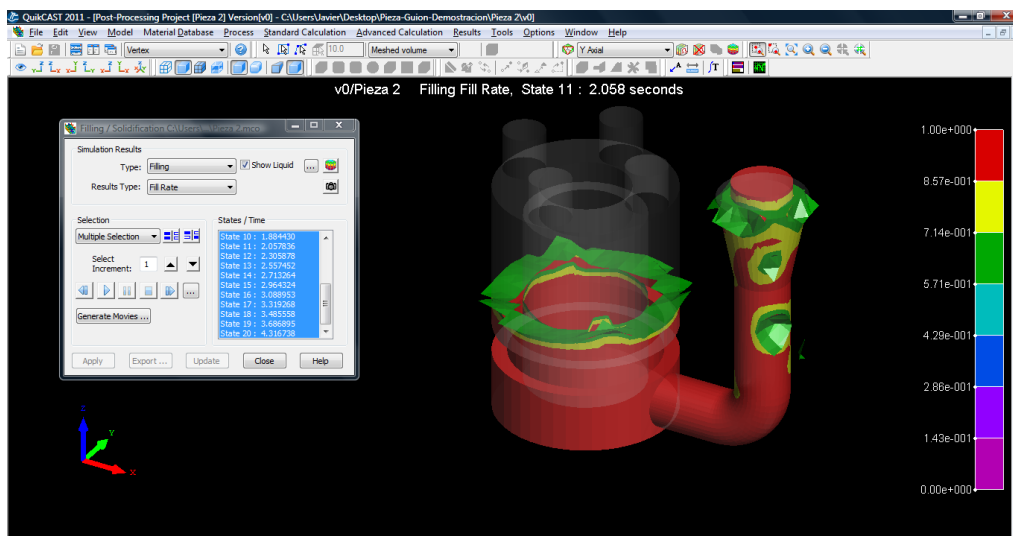
¿Cuáles son los beneficios de la fundición de simulación?

Debido a la gran presión provocada por la competencia global actual y la demanda de reducir los costos, las fundiciones están cada vez más obligadas a producir de manera más sofisticadas y con mayor valor añadido.

Las técnicas de ensayo y error ya no se usan en la fabricación de piezas más complejas debido a los altos costes económicos y de tiempo requeridos para producir una pieza.

¿Cómo aumentar tu habilidad para desarrollar más sofisticados, piezas más valoradas en un entorno altamente competitivo?

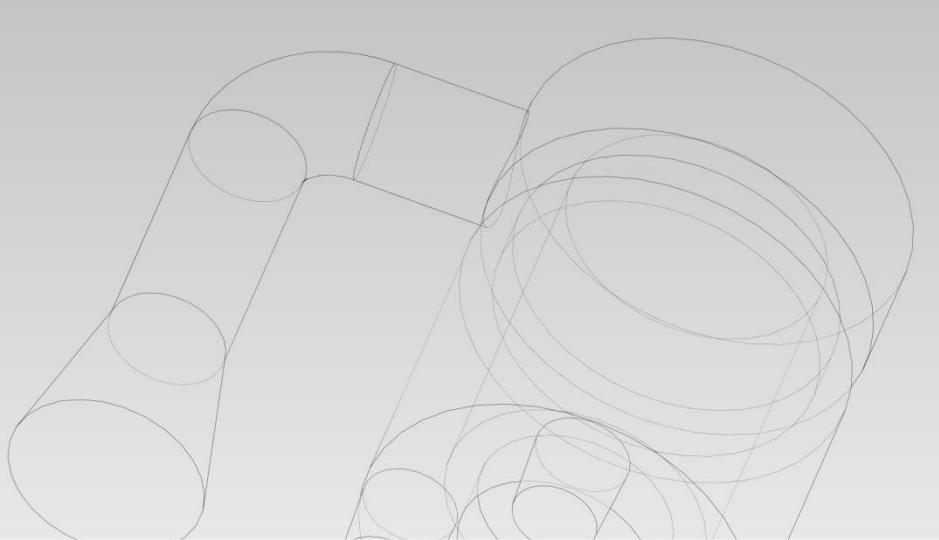
Con simulaciones informáticas, mediante la definición de un modelo digital en el que llevar a cabo el análisis, antes de que los modelos reales definitivos se construyan. Con estas simulaciones se consigue que las empresas inviertan menos tiempo en el proceso de diseño y ahorran dinero al evitar los costes de fabricación física de moldes y piezas desechadas.



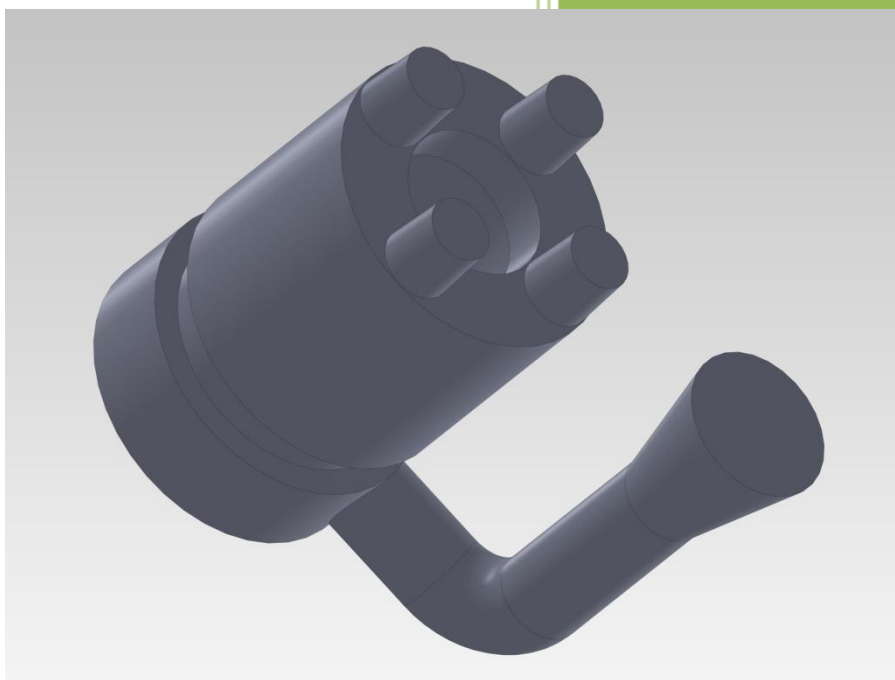
QuikCAST es una solución rápida y eficaz para la evaluación del proceso completo de fundición. La herramienta aborda los conceptos básicos de cualquier proceso de fundición: llenado, solidificación y la predicción de defectos.

La reducción de costes y la reducción de los plazos de comercialización son dos de los problemas más acuciantes para la industria de la fundición en la actualidad. QuikCAST está diseñado para ayudar al usuario a lograr estos objetivos. Puede ser utilizado en una fase temprana para el desarrollo del molde y el proceso, y también para la evaluación de la calidad de la pieza.

QuikCAST tiene en cuenta el retorno de aire, filtros, rugosidad de molde, los intercambios térmicos, la presión en el molde y la gravedad para simular con precisión los procesos de fundición que van desde la fundición por gravedad en arena a la fundición de alta presión.



Simulación de fundición por ordenador mediante QuikCAST



Autor: Javier Vallejo Royo

Tutor del proyecto: Jesús Casanova

08/05/2013

<i>La fundición</i>	3
La simulación de la fundición mediante QuikCAST	3
<i>Simulación de fundición por ordenador mediante QuikCAST</i>	4
1. Nuevo modelo	4
2. Nombre.....	4
3. Seleccionar archivos	5
4. Reparación automática de la malla	5
5. Cargar piezas adicionales	7
6. Crear volumen de llenado	9
7. Crear el molde.....	11
8. Convertir las superficies en volúmenes	12
9. Asignar nombre y material a los volúmenes	16
10. Crear la malla	20
11. Orientar gravedad.....	22
12. Condiciones hidráulicas.....	22
1. Definir el llenado	23
2. Permeabilidad del medio	24
3. Rugosidad.....	26
13. Condiciones térmicas.....	28
1. Temperatura (Temperature)	28
2. El intercambio externo de calor.....	29
3. Transferencia de calor Colada-Molde	30
14. Cálculo	30
<i>Llenado y solidificación, resultados obtenidos con QuikCAST</i>	34
Abrir archivo	34
Seleccionar volúmenes	34
Seleccionar los diferentes tipos de resultados	34
Mesh Correction Factors(factores de corrección de la malla).....	35
Filling/Solidification(Llenado y solidificación)	36
Proces Synopsis	39
<i>Ejercicio propuesto</i>	41

La fundición

La finalidad de la fundición consiste en lograr piezas de las más distintas formas sin necesidad de mecanizar el metal. Si la función es correcta, el proceso ofrece muchas ventajas en relación con otros métodos de fabricación, tales como no limitación de tamaño formas intrincadas y uniformidad en la estructura interna del material.

Los procedimientos más usados para el moldeo son:

Moldeo en arena: es el método más generalizado. La arena se comprime alrededor del modelo y queda contenida en una caja de moldear. El molde se construye en dos mitades para poder sacar el modelo una vez concluida la operación. Las dos mitades del molde se cierran y fijan para verter la colada.

Moldeos permanentes: emplean moldes metálicos, usualmente de fundición de hierro o acero. A fin de evitar el ataque del metal a las paredes, éstas se recubren de cera refractaria o negro de humo. Este método permite mayores producciones, mejor acabado y tolerancias más estrechas.

La simulación de la fundición mediante QuikCAST

La fabricación de los moldes anteriormente citados es un proceso costoso tanto en tiempo como económicamente y un error en su diseño o simplemente un mal resultado de la pieza final significara tener que modificar estos moldes o incluso empezar de nuevo el trabajo.

Esto se intentará evitar mediante la simulación por ordenador del vertido de la colada en el molde y su solidificación. Esto se consigue con un modelo en 3D de la pieza a realizar así como de los elementos que conciernen al molde (bebedero, ataques, mazarotas, etc) e introduciendo en el programa QuikCAST todos los parámetros necesarios para los cálculos.

Una vez realizada la simulación el programa nos mostrara paso a paso el proceso así como los posibles defectos que podrá tener nuestra pieza según el diseño con el que se ha trabajado. Si se han detectado posibles defectos en el resultado final deberá de modificarse el diseño de la pieza y los elementos del molde.

En el siguiente guión se explicara paso a paso como llevar a cabo esta simulación con el programa QuikCAST de una pieza ya creada y como ver los posibles defectos que presentará.

Simulación de fundición por ordenador mediante QuikCAST

1. Nuevo modelo

Abriremos el programa y nos aparecerá el entorno de trabajo con todos sus menús, aunque la mayoría de las opciones estarán desactivadas al no tener cargado ningún archivo.

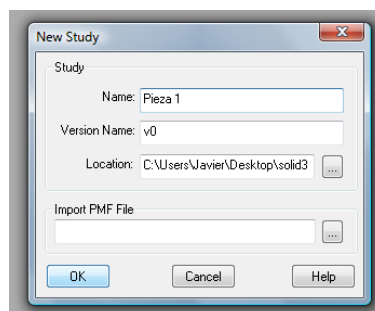
Lo primero que deberemos hacer será abrir un nuevo proyecto para lo cual iremos a la opción **"File/New"** o bien directamente al dibujo de una hoja escrita **"New Model"**



2. Nombre

Nos aparecerá ahora el siguiente menú en el que se nos pedirá que:

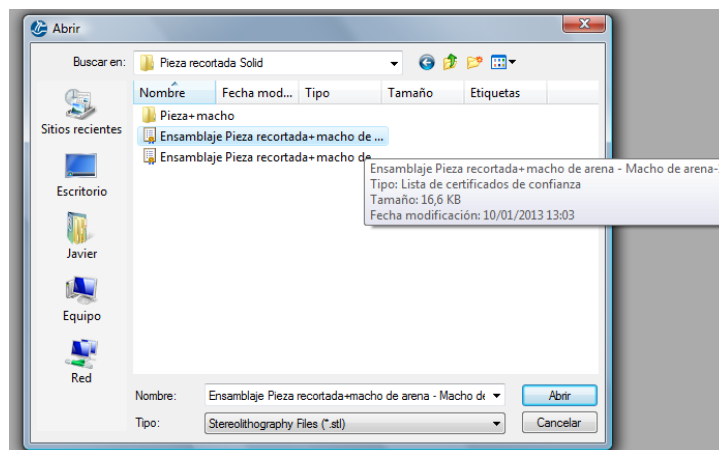
- I. **Name** : Le demos un **nombre** al nuevo modelo.
- II. **Version name**: La versión del modelo (aunque esto para nosotros no será necesario por el momento).
- III. **Location**: Le indicaremos la **localización del equipo** donde queremos que nos guarde los archivos generados por QuikCAST.
- IV. **Import PMF file**: nos permite **cargar** algún **archivo creado anteriormente** con QuikCast con formato .PMF (este formato es el que creará QuikCAST mientras trabajemos con la pieza, siendo diferente del archivo de los resultados el cual será .MCO).



Pulsaremos **"OK"** una vez todos los campos estén completos.

3. Seleccionar archivos

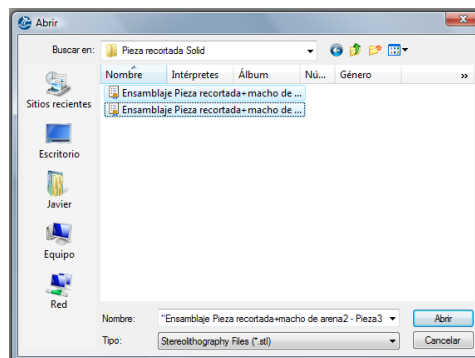
Nos aparecerá una ventana en la cual tendremos que **señalar el archivo .stl**(archivo estándar del prototipado rápido) obtenido mediante un programa de CAD con que deseemos trabajar.



Pulsamos **“Abrir”**.

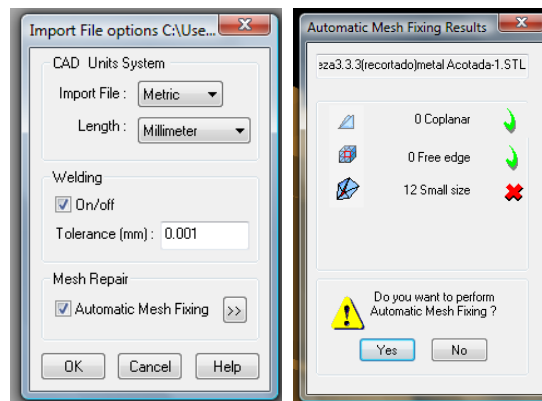
❖ Nota: **Cargar varias piezas a la vez.**

Para cargar varias piezas a la vez, en vez de tener que utilizar más tarde la opción **“Import”** podemos hacerlo en la pantalla de seleccionar la pieza, simplemente manteniendo pulsada la tecla **Ctrl** (Control Izquierdo) y seleccionar tantas piezas como deseemos, después soltar la tecla **Ctrl** y pulsar **“Abrir”**.



4. Reparación automática de la malla

Nos mostrara una ventana en la que nos aparecerán las opciones de cómo queremos **importar** las unidades de nuestro archivo .stl, a no ser que queramos algo más específico lo dejamos tal y como está con la opción **“Automatic Mesh Fixing”** **activada** por si algún parámetro de la malla no es compatible con el modelo y necesita ser reparada automáticamente.



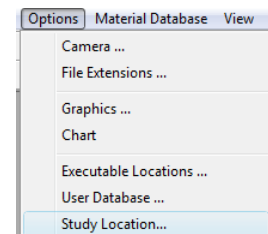
Pulsamos **“OK”** y en la siguiente ventana **“Yes”**.


❖ **Nota: Como cambiar la carpeta donde el programa guarda los archivos.**

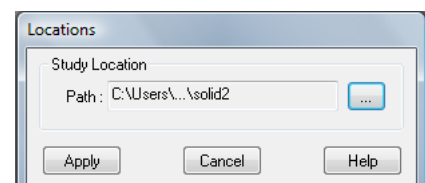
El programa tiene por defecto una carpeta adjudicada para guardar los archivos que este cree al trabajar con las piezas, donde guardará los resultados y la cual nos mostrará cada vez que vayamos a la opción de abrir un archivo ya creado o un archivo de resultados.

Para cambiar esta carpeta predefinida a una que a nosotros nos resulte más cómoda para trabajar deberemos hacer lo siguiente:

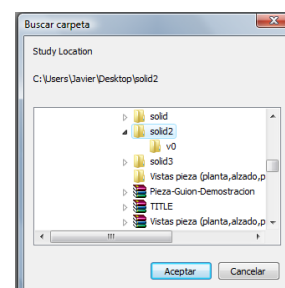
1) En la pantalla principal de QuikCAST deberemos pulsar **“Options/Study Location”**.



2) Se abrirá la siguiente ventana en la cual nos aparecerá el directorio actual al que van a parar nuestros archivos, para cambiarlo deberemos pulsar el botón .



3) Ahora tendremos un desplegable que nos muestra exactamente donde se encuentra la carpeta donde van a parar nuestros archivos dentro del equipo, para cambiarla no tenemos más que seleccionar la que deseemos, ya

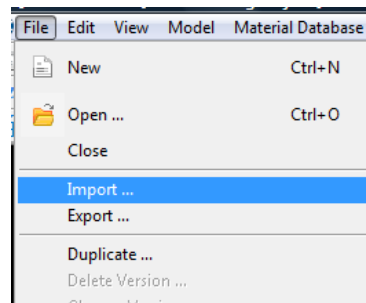


esté en el escritorio o en un pendrive y pulsar **“Aceptar”**.

4) De nuevo aparecerá la ventana llamada **“Locations”** en la que tendremos que pulsar **“Apply”** para que se haga efectivo el cambio.

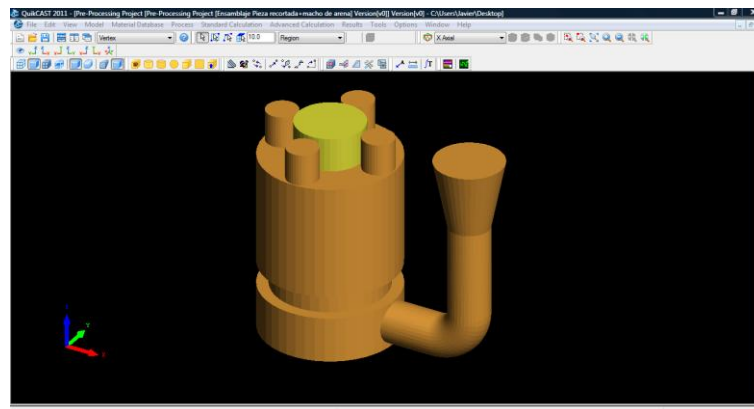
5. Cargar piezas adicionales

Nos aparecerá la pieza cargada, si necesitamos **cargar algún tipo de macho especial o añadido** a nuestra pieza deberemos importarlo mediante la opción **“File/Import”** que aparece arriba a la izquierda.



Se abrirá la misma ventana que cuando hemos cargado el archivo de la pieza, **seleccionamos el macho o la pieza adicional** y pulsamos **“Abrir”**. Nos aparecerá de nuevo la ventana con las unidades que tendrá la pieza y la reparación automática, proceder como en el caso anterior. **Tendremos ya nuestras piezas ensambladas automáticamente.**

❖ **Nota:** las piezas deben de estar correctamente posicionadas según un sistema de coordenadas para que encajen en el programa con el que se crearon los modelos, no podremos encajarlas en QuikCAST.



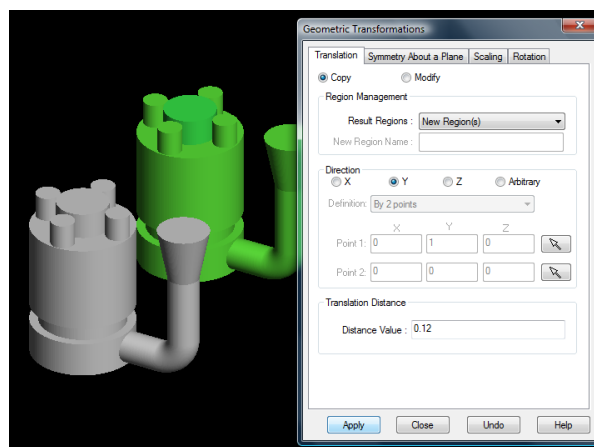
❖ **Nota: Creación de un molde con múltiples piezas :**

Se pensó en utilizar la opción de traslación de las piezas para crear moldes simulados con varias piezas del mismo tipo.

En el programa es posible una vez cargada la pieza completa crear copias



de estas con la opción **“Translation”** de manera que podemos crear una copia de la pieza a la distancia que deseemos de la original mediante el siguiente menú:




Una vez el menú esté abierto deberemos seleccionar con el puntero las piezas que deseemos y después con la opción **“Copy”** marcada y **“New Region(s)”** pasaremos en **“Direction”** a indicarle mediante un sistema de coordenadas en una sola dirección (X, Y, Z) o mediante un sistema de coordenadas clásico (pudiendo indicar direcciones diagonales, no solo en una coordenada) la distancia a la que queremos que se nos cree la copia de la pieza (en metros).

Esta opción fue desechada en principio ya que la idea de múltiples piezas tenía la intención de que tuvieran un canal de llenado común, con las herramientas de dibujo que dispone QuikCAST un resultado aceptable es inviable, por lo que en un principio se ha desestimado. De querer realizar un molde con múltiples piezas deberemos realizar las piezas con sus canales en un programa como Solid Works o similares y más tarde exportarlo a QuikCAST.

6. Crear volumen de llenado

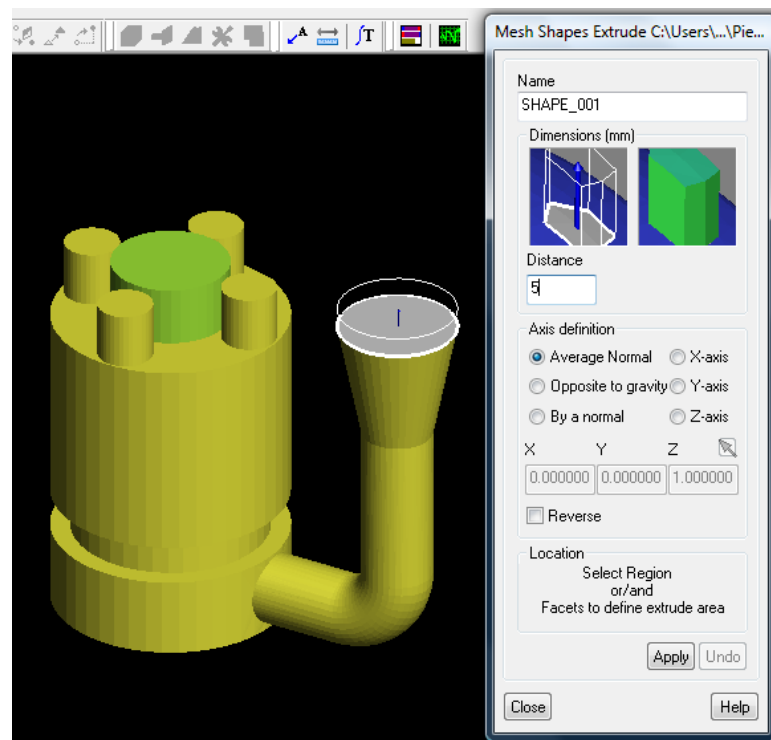
A continuación **realizaremos un volumen llamado "Inlet"**, él cual representa la **entrada de la colada en el bebedero**, este volumen puede abarcar todo el bebedero (como si a verter la colada esta fuera tan ancha como el bebedero, lo cual es irreal en estos tipos de fundición) o parte de el, como realmente ocurre al verter un líquido.

La forma más sencilla de realizarlo es la extrusión para abarcar todo el bebedero:

I. Cambiamos el cursor para que nos seleccione **caras completas** .


II. Seleccionamos la **extrusión de una cara (Mesh shapes extrude)** .

Nos aparecerá el siguiente menú, **selecciomenuaremos la cara superior del bebedero** e introduciremos la **distancia** y la **dirección** de la extrusión (mm).

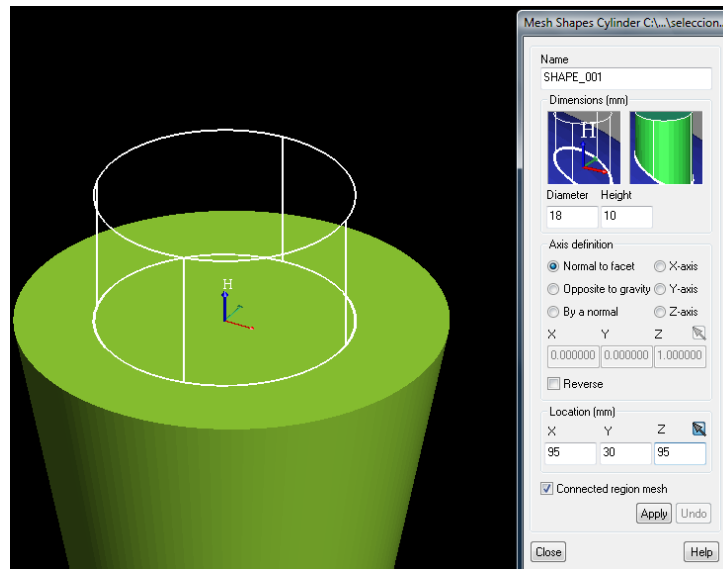


Pulsamos **"Apply"** y **"Close"** para generar el volumen.


La forma de realizar este volumen **abarcando solo la parte del bebedero** será la siguiente:


I. Seleccionamos la herramienta para **crear cilindros** . Esta opción nos creara un volumen cilíndrico sobre la cara que nosotros decidamos.

II. Nos aparecerá un menú en el que elegiremos el **diámetro (Por ejemplo 12 mm)** y la **altura (Por ejemplo 2 mm)** del cilindro a la vez que lo **colocaremos sobre la cara del bebedero**.




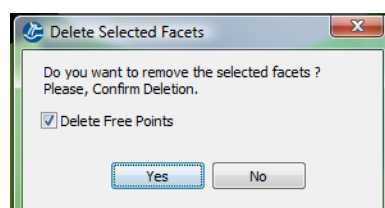
Pulsaremos **“Apply”** y **“Close”** para que nos cree el volumen.

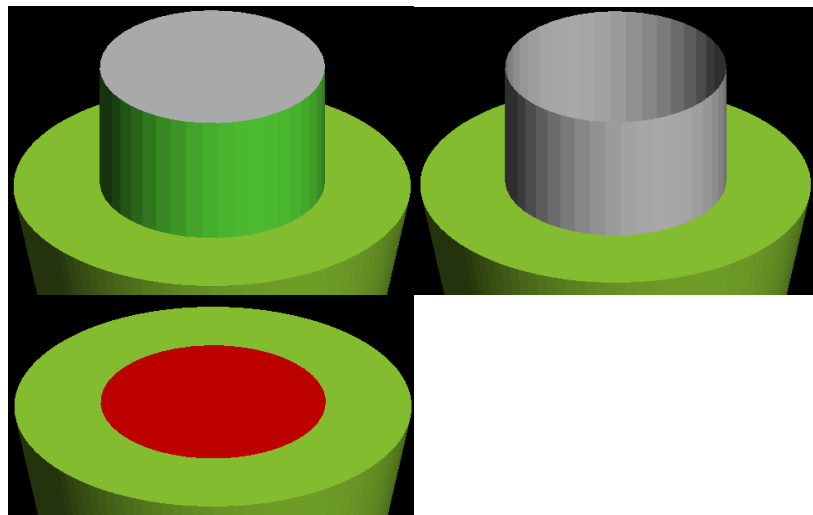
❖ **Nota:** Para **colocar lo más centrado posible** en el bebedero nuestro volumen deberemos seleccionar la vista que más nos ayude pulsando las **diferentes vistas** de las que dispone el programa .

Si además el color del bebedero nos coincidiera con el de la pieza y no se viera bien donde lo estamos colocando, podríamos cambiar la visualización de la pieza mediante los iconos .

❖ **Nota:** **Borrar un volumen o superficie creado en QuikCAST.**

Si deseamos borrar un volumen o superficie creado en el propio programa no tendremos más que teniendo seleccionado el puntero de manera que seleccione superficies completas (**Select propagation by facets**)  vamos pinchando en cada una de las caras de nuestro volumen y pulsando la tecla **“Suprimir”** y a continuación en la ventana que nos aparece pulsaremos **“Yes”**.






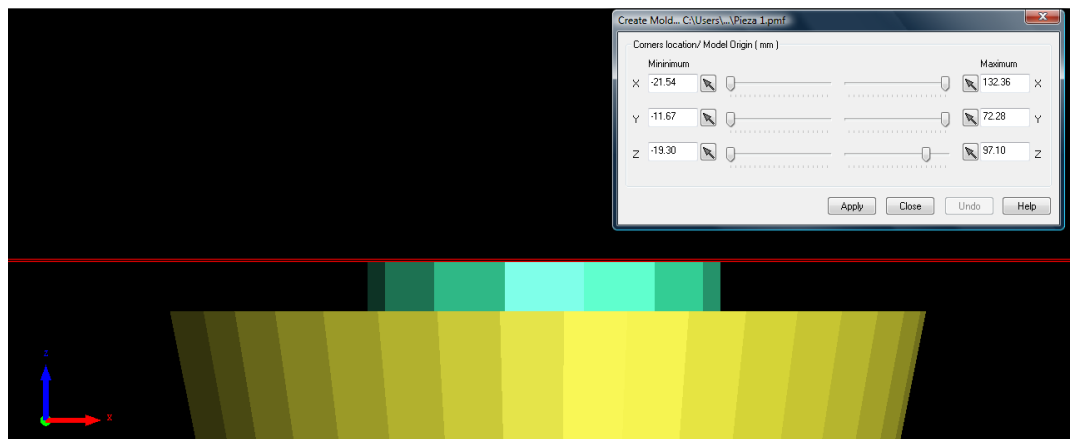
Aunque sobre la superficie original nos haya quedado un círculo perteneciente al volumen que hemos eliminado esto no importa, ya que no es que haya quedado ninguna cara del anterior volumen, sino que esta figura es parte de la superficie total, cosa que vemos cuando al seleccionar cualquier parte de esa superficie se selecciona toda, y no solo una parte.



*Lo citado anteriormente ocurre cuando los volúmenes disponen cada uno de sus propias regiones y no las comparten, para más información acudir a la nota que se encuentra en el paso 8, "Models Domain Manager".


7. Crear el molde

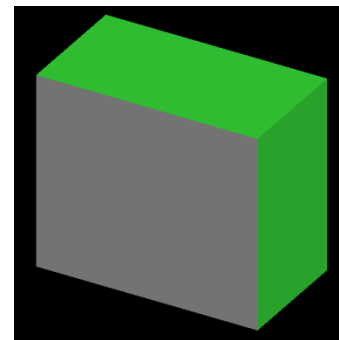
El siguiente paso será **crear el molde que encierre nuestra pieza**, para lo cual pincharemos en **"Mesh Shapes Mold"**  para que el programa nos cree un **volumen alrededor de nuestra pieza**, lo único que deberemos de hacer será **ajustar** de forma **vertical** el molde al volumen **Inlet** o de llenado mediante el cursor del menú que nos aparecerá, viendo la línea del volumen en la vista adecuada.



Presionamos **“Apply”** y **“Close”** para que nos cree el volumen.

❖ **Nota:** Si al crear las superficies del molde, estas no se han creado de manera correcta siempre podemos borrarlas de la siguiente manera:

1. Marcamos la opción con la que el puntero selecciona caras completas 
2. Seleccionamos cada una de las caras del molde (podemos hacer esto con varias a la vez manteniendo pulsada la tecla Ctrl) y las eliminamos pulsando Suprimir.

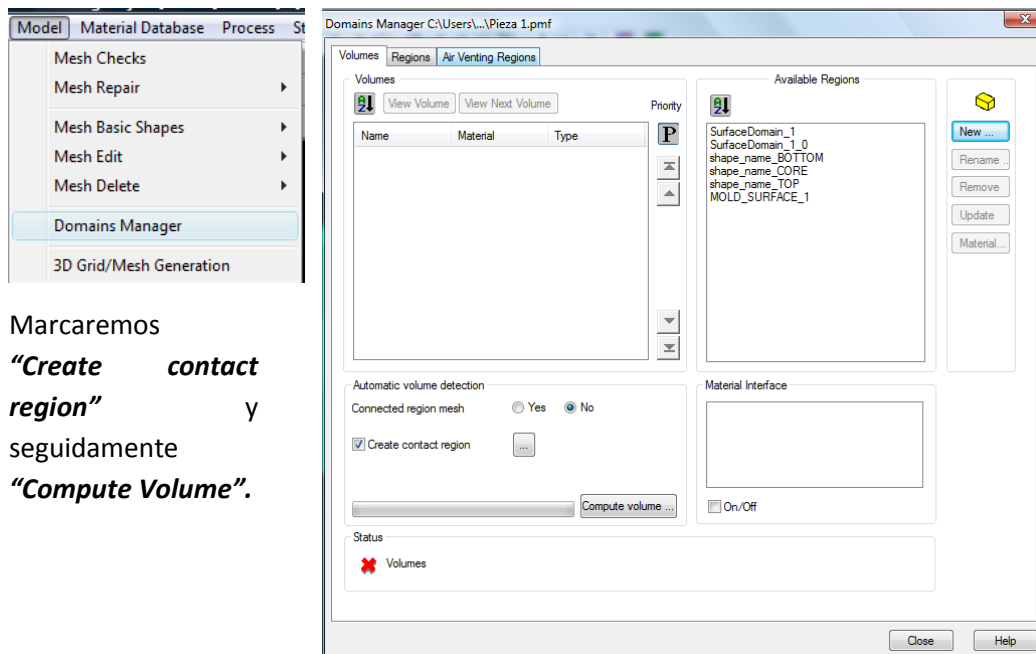


Para ver todas las caras del molde podemos utilizar las diferentes vistas



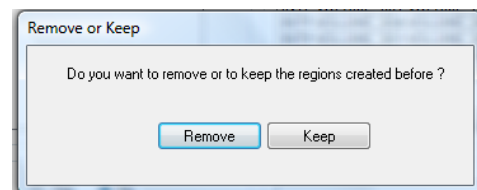
8. Convertir las superficies en volúmenes

Ahora tenemos todas las superficies creadas, lo siguiente será **convertirlas en volúmenes** y poder trabajar con ellas. Para ello clicaremos en **“Models/Domain Manager”** y nos aparecerá el siguiente menú.



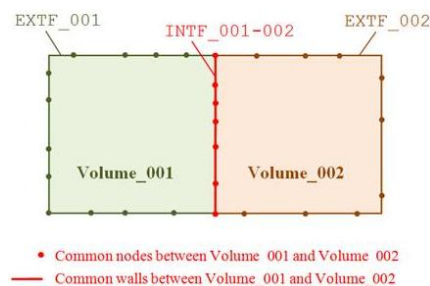
Marcaremos
**“Create contact
 region”** y
 seguidamente
“Compute Volume”.

Nos preguntará si deseamos **eliminar** o
 guardar las regiones creadas
 anteriormente, a lo cual responderemos
 que las elimine para quedarnos con las
 nuevas, pulsamos **“Remove”**.



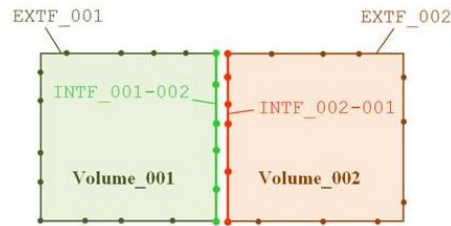
❖ **Nota:** Número de regiones que crea el detector de volúmenes automático.

El número de regiones creadas depende del tipo de algoritmo utilizado. El algoritmo puede manejar las mallas de las regiones conectadas y no conectadas.



- Si la opción de **“Connected Region Mesh”** está activada se crearan entre los volúmenes anexos una región que compartirán, en el

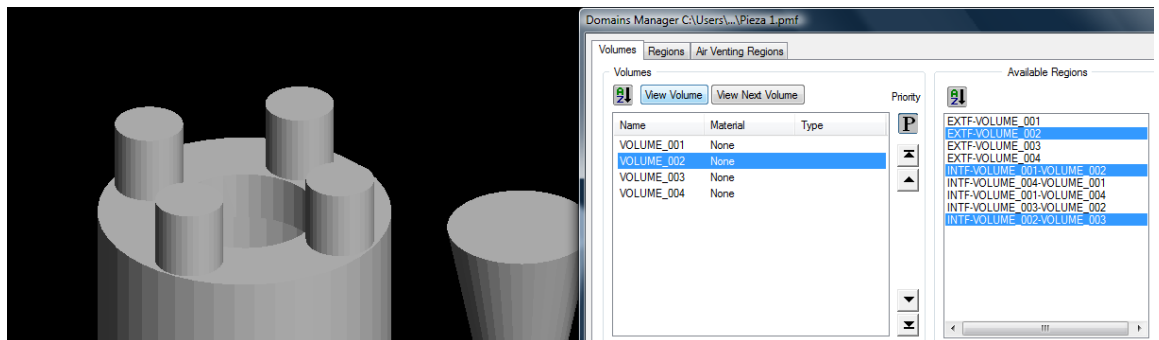
ejemplo de la imagen INTF_001-002 pertenecerá tanto a Volume_001 como a Volume_002.

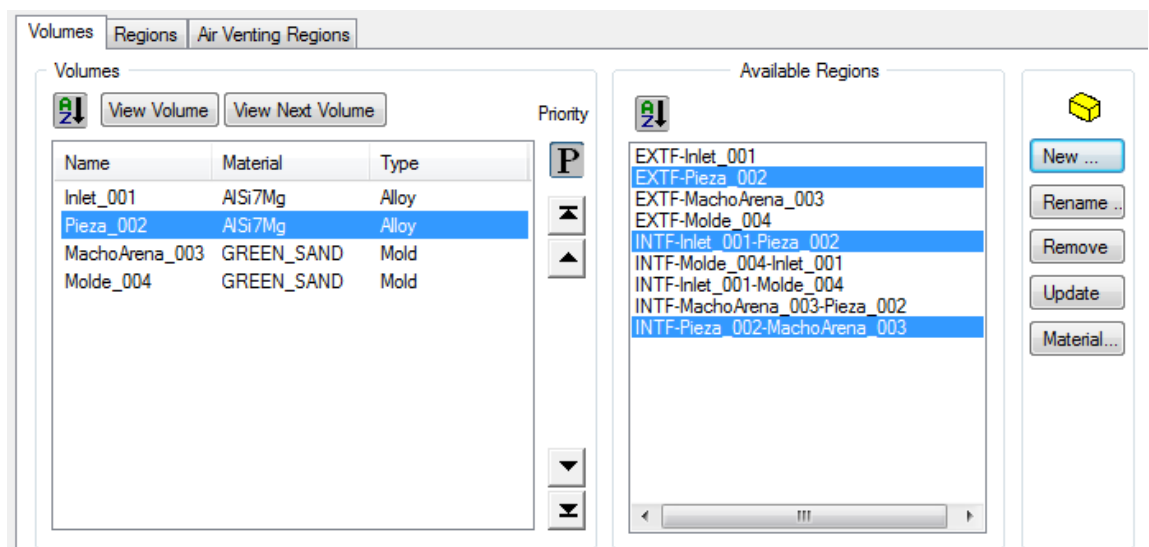



○ Si la opción de **“Connected Region Mesh”** está desactivada y a su vez **“Create Contact Region”** está activada se crearán todas las regiones para cada uno de los volúmenes, de esta manera no compartirán regiones.

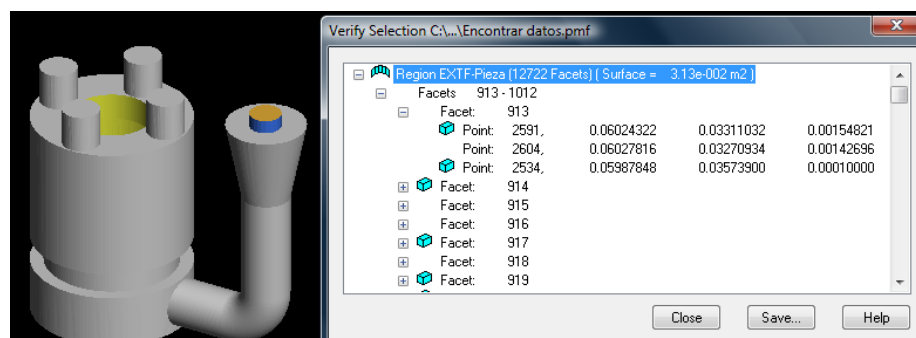
Se puede desactivar cuando se trate de un modelo grande y se necesite comprobar que todos los volúmenes en cuestión son bien detectados.

Con ello hemos conseguido tener cada uno de los volúmenes de nuestra pieza así como cada una de sus regiones. Al **seleccionar un volumen** en la casilla de la izquierda **se resaltarán sus regiones correspondientes en la de la derecha**, además podremos **ver cada uno de los volúmenes** resaltándolos y pulsando **“View Volume”**.





❖ Nota: Si deseamos ver el nombre y las propiedades de una superficie podremos hacerlo seleccionándola (aparecerá en color gris) y pulsando el icono del menú de herramientas  ("**Verify selection**") nos aparecerá una ventana con su nombre y propiedades.



9. Asignar nombre y material a los volúmenes

Con los volúmenes ya creados procederemos a **identificar cada uno** con su **nombre** correspondiente, si pertenece a la **aleación o al molde** y del **material** que estarán hechos.

Para ello **seleccionamos un volumen**, pulsamos **“View Volume”** para identificarlo y seguidamente clicamos **“Material”**.

Nos aparecerá la siguiente ventana en la cual introduciremos:

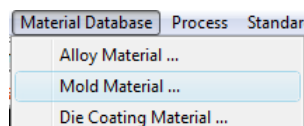
- I. El **nombre** de la pieza (**Name**).
- II. Si pertenece a la **aleación o al molde** (**Volume Type, Alloy**=aleacion **Mold**=molde).
- III. Las propiedades físicas (**Physical Properties**), en las cuales podremos **elegir el material** (**Materials List**) de la base de datos Standart (**Standart database**) o una base de datos propia creada por el usuario (**User database**).

Deberemos buscarlas en **“User database”**:

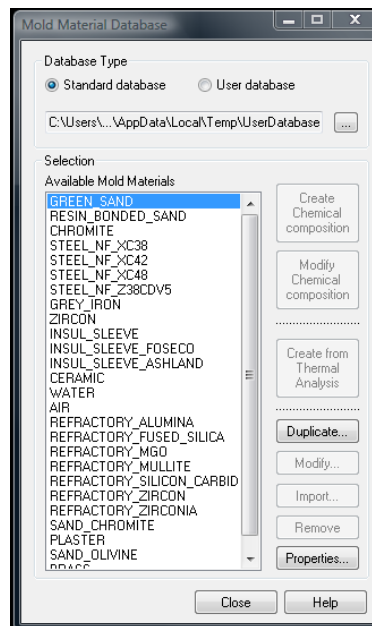
- i. **Pieza: Aleación_Wood.**
- ii. **Inlet: Aleación_Wood.**
- iii. **Macho de arena: GREEN_SAND.**
- iv. **Molde: Aluminio_5083 .**


❖ Nota: Los materiales que se utilizarán para esta práctica no se encuentran la base de datos estándar, por lo que **habrá que crearlos**, para lo cual seguiremos los siguientes pasos:

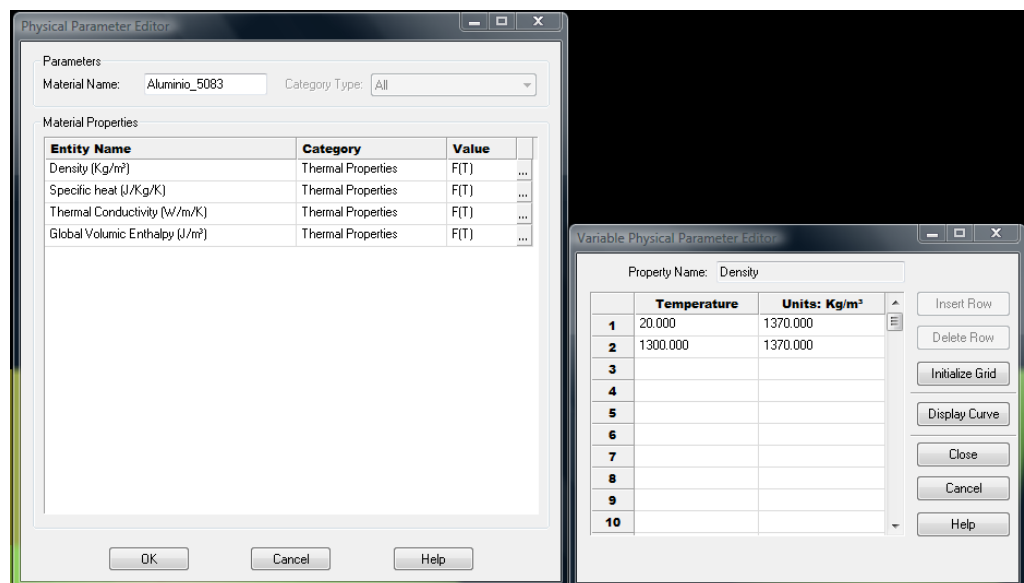
- Añadiremos el material del molde, que en nuestro caso será el **Aluminio 5083**, para ello deberemos ir a **“Material Database/ Mold Material ...”**.



Aparecerá la ventana **“Mold Material Database”**, allí deberemos de seleccionar un material de los existentes y pulsar **“Duplicate”**.



Nos aparecerá la ventana **“Physical Parameter Editor”** donde deberemos introducir manualmente los datos de nuestro material. Para ello deberemos de ir pulsando el boton  que se encuentra a la derecha de cada una de las propiedades.



Introduciremos valores fijos, no en función de la temperatura, ya que sus valores no cambian significativamente, después de introducir los valores en cada casilla pulsaremos **“Close”**:

- **Density** (Kg/m³): densidad = **2660** .
- **Specific Heat** (J/Kg/K): calor específico = **1020** .

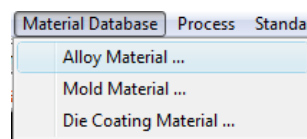
- **Thermal Conductivity** (W/m/K): conductividad termica = **120**.

Una vez introducidos todos los valores y cambiado el nombre al de nuestro nuevo material pulsaremos **“OK”**.

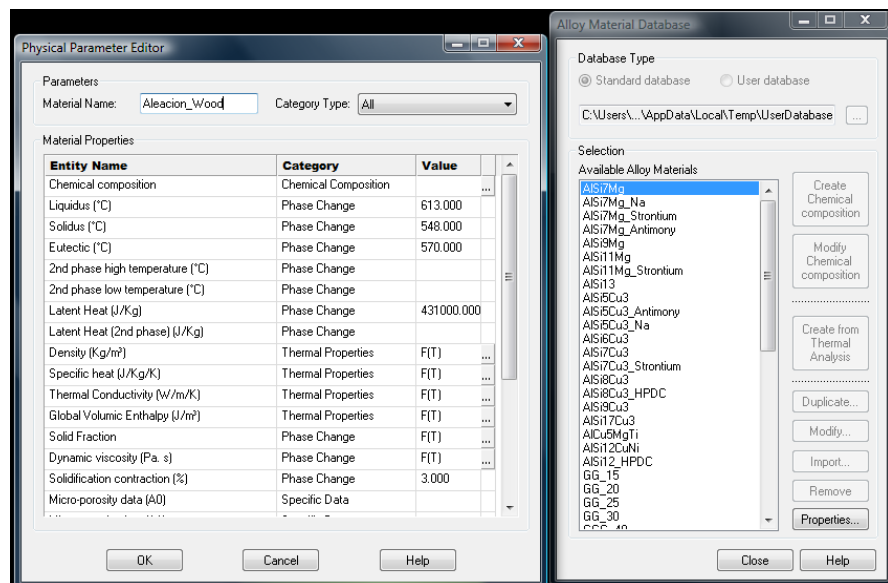
Ahora seleccionaremos **“User Database”** para comprobar que aparezca nuestro material. Si no se comprueba puede que este no quede registrado.




- Añadiremos el material de la aleación que en nuestro caso será la **Aleacion_Wood**, para ello deberemos ir a **“Material Database/ Alloy Material ...”**.



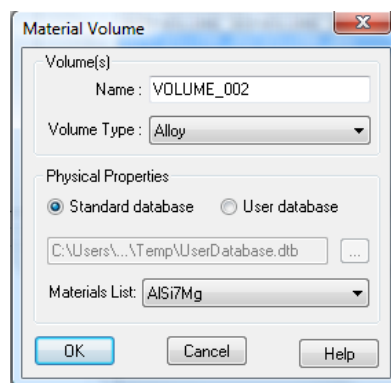
Aparecerá la ventana **“Alloy Material Database”**, allí deberemos de seleccionar un material de los existentes y pulsar **“Duplicate”**.



Nos aparecerá la ventana **“Physical Parameter Editor”** donde deberemos introducir manualmente los datos de nuestro material. Para ello deberemos de ir pulsando el botón  que se encuentra a la derecha de cada una de las propiedades para los que tengan valores en función de la temperatura (nosotros introduciremos valores fijos) o bien el valor directamente si no es variable con la temperatura.

Una vez introducidos todos los valores y cambiado el nombre al de nuestro nuevo material pulsaremos **“OK”**.

Ahora seleccionaremos **“User Database”** para comprobar que aparecer nuestro material.



Pulsaremos **“OK”** para confirmar.

Deberemos realizar este proceso para cada una de las piezas y volúmenes.

10. Crear la malla

Ya con los volúmenes creados procederemos a **crear la malla** de los mismos para lo cual nos dirigiremos a **“Model/ 3D Grid / Mesh Generation”**.

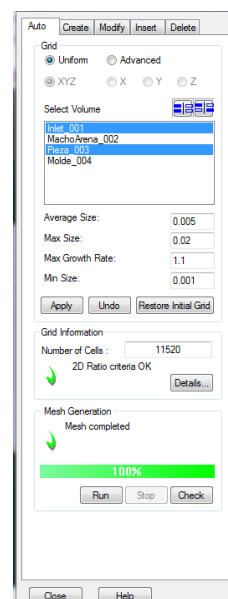
Nos aparecerá un menú en el cual podremos **seleccionar las características de nuestra malla**.

I. **Seleccionar Grid-> Uniform.**

II. **Seleccionar de la casilla todos los volúmenes excepto el molde (clic izquierdo, resaltado en azul).**

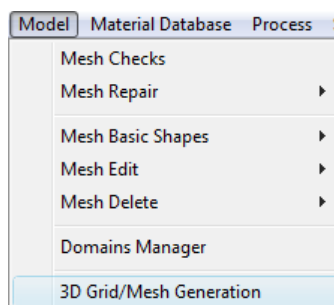
III. Introducir los **parametros deseados para la malla**:

- i. **Average size:** tamaño medio.
- ii. **Max size:** tamaño máximo.
- iii. **Max growth rate:** máxima tasa de crecimiento.
- iv. **Min size:** tamaño mínimo.



❖ **Nota:** Por norma dejaremos estos parámetros tal y como están por defecto.

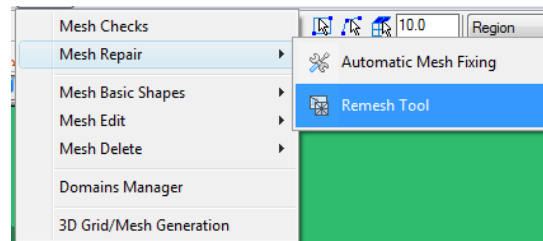
Pulsar **“Apply”** para fijar los parámetros de las celdas y **“Run”** para que nos cree la malla en nuestros volúmenes. **Una vez que la barra llegue al 100% pulsar “Close”**.



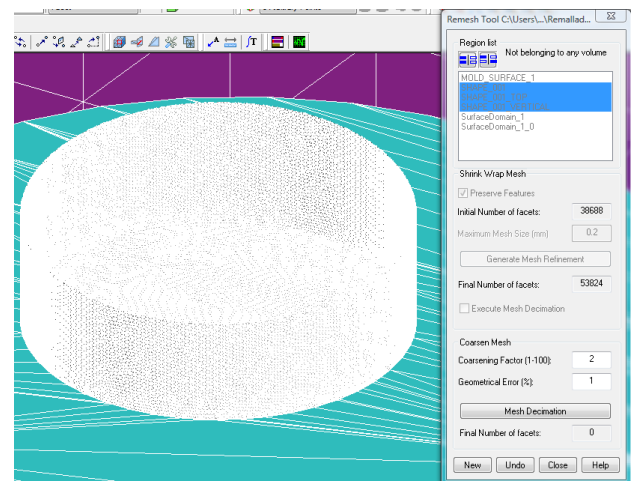
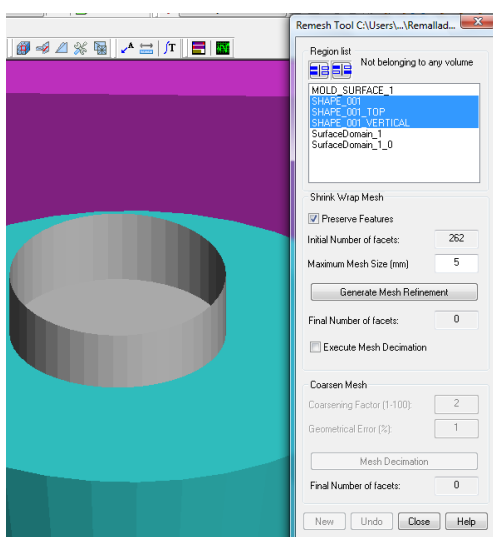
❖ **Nota: Diferente tamaño de mallado:**

Después de haber cargado todos los modelos y antes de crear los volúmenes deberemos ir a “Model/Mesh Repair/Remesh Tool”.

Se abrirá el siguiente menú, en él podremos elegir el tamaño de malla máximo para la superficie que seleccionemos, al seleccionar las superficies nos irán apareciendo el número de “caras” que tiene cada uno o el conjunto de lo seleccionado.



Una vez seleccionado elegimos el **tamaño máximo de la malla en mm** “*Maximun mesh size (mm)*” y pulsando “*Generate mesh Refinement*” nos aparecerá el número final de caras con este tamaño máximo de malla. (No poner el tamaño de malla menor de 0.2 mm en partes pequeñas y 2-3 mm en las que sean mayores, si no el cálculo tardara mucho o el programa se colgará).



Por último, ahora que nuestra malla es más fina y por lo tanto suponemos que representará mejor las formas de nuestra pieza podemos aplicar la opción “*Coarsen Mesh*” que consiste en **engrosar la malla** introduciendo un **mínimo de error** geométrico, ambos parámetros se pueden introducir (el engrosamiento 1-100 y el error en %) de esta manera los cálculos serán más sencillos. Pulsamos “*Mesh Decimation*” y cuando termine “*Close*”.

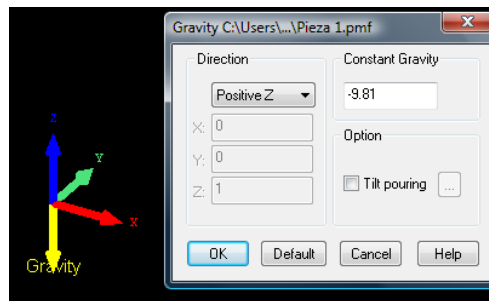
Ambas opciones pueden realizarse a la vez marcando la casilla “*Execute Mesh Decimation*”.

*Para poder aplicar esta malla más fina localmente estas partes deberán ser superficies separadas de la pieza total.

Seguiremos con el resto del proceso **normalmente** y al llegar a **“Model/ 3D Grid / Mesh Generation”** al seleccionar los volúmenes a los que queremos aplicar la malla, **él que ya hemos trabajado no deberemos seleccionarlo**. Continuar normalmente con el proceso.

11. Orientar gravedad

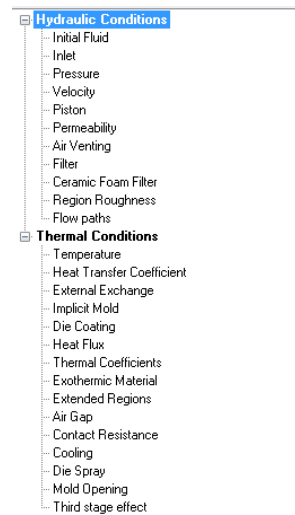
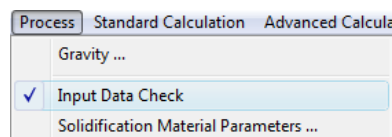
Ahora deberemos asegurarnos de que la **gravedad** esta **orientada** en el sentido correcto y tiene el valor que necesitamos para lo cual pulsaremos **“Process/Gravity”** y comprobaremos en los ejes que la gravedad está correctamente, si no, modificaremos su dirección y valor en el siguiente menú.



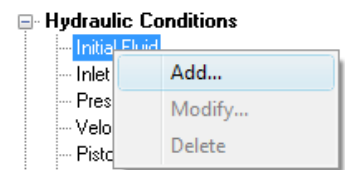
Pulsaremos **“OK”** para confirmar.

12. Condiciones hidráulicas

Llegado a este punto introduciremos las **condiciones hidráulicas** (o de flujo), para lo cual abriremos su menú mediante **“Process/ Input Data Check”** y nos aparecerá en la parte izquierda el siguiente desplegable donde deberemos ir rellenando los parámetros que sean necesarios.



❖ Nota: Para rellenar cada uno de estos campos debemos de **clickar con el botón derecho** del ratón sobre cada uno de los apartados y después pulsar **“Add”** para que se nos muestren las opciones de cada apartado.





1. Definir el llenado

Primero deberemos **definir el llenado** de nuestro molde para lo cual: clic derecho en **“Inlet”**, **“Add”** y nos aparecerá el menú.

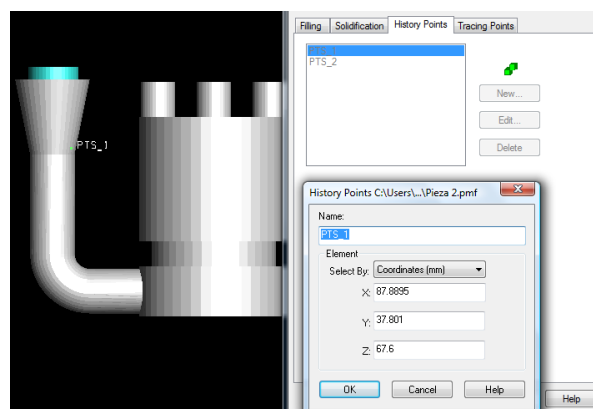
i. Introduciremos la **temperatura** a la que se encontrará la **colada**. Para la aleación de Wood por ejemplo **100° C**.

ii. Seguidamente elegiremos las **unidades de flujo** para nuestra colada, siendo estas **Flow Rate (kg/s)**, **Velocity (m/s)** y **Pressure (Pa)**.


Estas medidas pueden ser **constantes**  o **variables con el tiempo** (será necesaria una función) , nosotros las utilizaremos constantes en principio.

La **velocidad** de llenado será por ejemplo **0.1 Kg/s**.

iii. **Metal level control (pouring cup)**: Si activamos esta opción lo que hará será **simular el control visual que ejercemos al verter la colada** en el bebedero, disminuyendo su velocidad cuando esta pasa



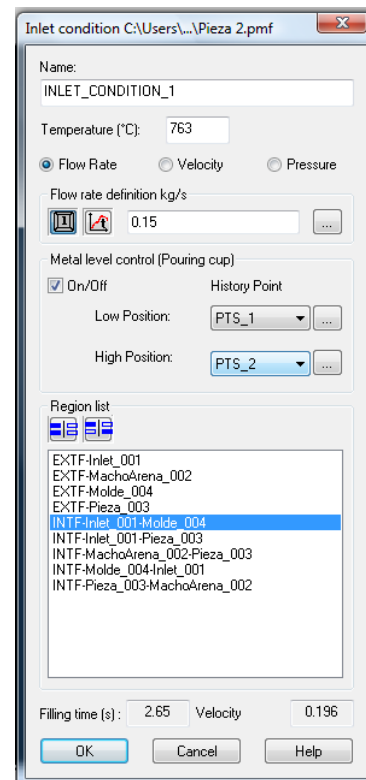
de un punto. Para ello deberemos **crear dos puntos en el bebedero** (**Low position**= punto más bajo, **High position**= punto más alto) introduciéndolos por coordenadas (X, Y, Z).

Pulsar  -> **New ...**

Punto superior (100, 30, 85).

Punto inferior (100, 30, 70).

iv. Por último seleccionaremos la superficie por la que se realizará el llenado y en la parte inferior del menú nos aparecerán los **datos de tiempo de llenado (Filling time)** en segundos y la **velocidad de llenado** en m/s.



2. Permeabilidad del medio

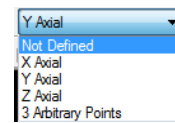
Seguidamente daremos valor a la **permeabilidad de nuestro molde**, en este caso lo único que tendrá permeabilidad será el macho de arena ya que el aluminio no deja escapar el aire, abriremos pues el menú de permeabilidad: clic derecho en **"Permeability"**, **"Add"**.

❖ **Nota:** Para poder ver el interior de nuestra pieza incluido el macho de arena tendremos que **seccionar la vista**, para lo cual seleccionaremos el icono



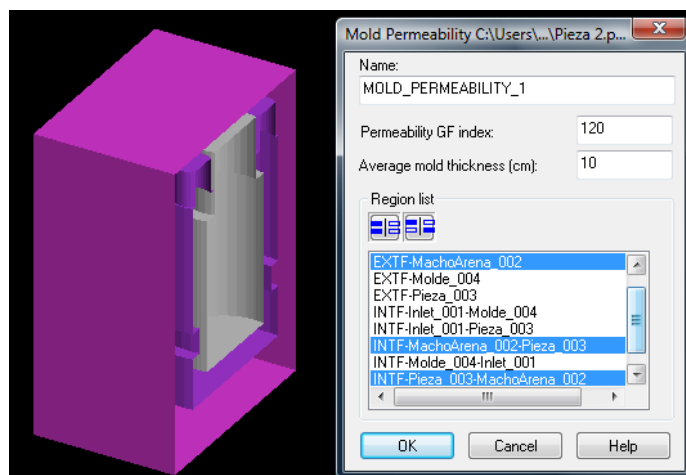
, seleccionando el plano (*X Axial*, *Y Axial*, *Z Axial*, *3 Arbitrary Points* (tres puntos

arbitrarios)) por el que queremos cortar y cortaremos a la altura que nos permita ver bien el macho para seleccionarlo en el menú (al seleccionarlo aparecera en gris). Para **volver a la vista normal** habra que seleccionar en el corte "*Not Defined*".



Por cada material al que queramos introducir la rugosidad deberemos realizar el siguiente proceso, en nuestro caso dos veces, una para la permeabilidad del macho de arena y otra para la permeabilidad del aluminio.

Seleccionamos todas las partes del macho (mantener Ctrl o Shift para una selección múltiple) y **dejamos los valores que nos aparecen (Permeability GF index = 120)** ya que son los correspondientes al macho de arena. Pulsamos "**OK**".



Una vez realizado con el macho se hara de igual manera con el **aluminio**, seleccionando la superficie de la propia pieza, solo que en este la **permeabilidad** será **0**.

3. Rugosidad

A continuación seleccionaremos la **rugosidad** de cada una de las superficies: clic derecho en **“Region Roughness”**, **“Add”**.

❖ Nota: Rugosidad

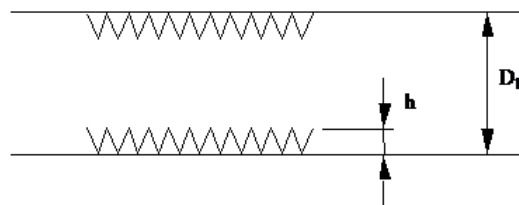
La opción de **“Region Roughness”**.

Esta condición límite hidráulico se utiliza para tener en cuenta los efectos sobre el flujo de metal de las capas límite, tanto térmicas e hidráulicas cerca de las paredes de la cavidad mediante el uso de leyes analíticas.

¿Cómo calcular el Índice de rugosidad?
Índice de rugosidad R coeficiente se define por la siguiente formulación:

$$R = \frac{h}{D_h}$$

donde:



- h es el espesor medio de la aspereza (0,2 mm de arena de fundición actual) (0,0008 mm para el aluminio de nuestro molde);

- D_h es el diámetro hidráulico, en nuestro caso el del bebedero 18 mm.

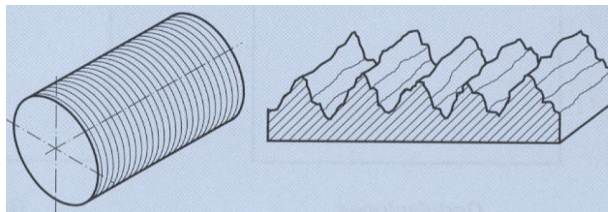
De esta manera nuestro **“Region Roughness”** será:

$$R = \frac{h}{D_h} = \frac{0.0008 \text{ mm}}{18 \text{ mm}} = 0.00044$$

La rugosidad media depende del proceso de producción de la pieza y es la siguiente:

El proceso de mecanizado, además de reducir la rugosidad inicial, introduce estrías en la superficie de la pieza, según la dirección en la cual se produce el arranque de material.

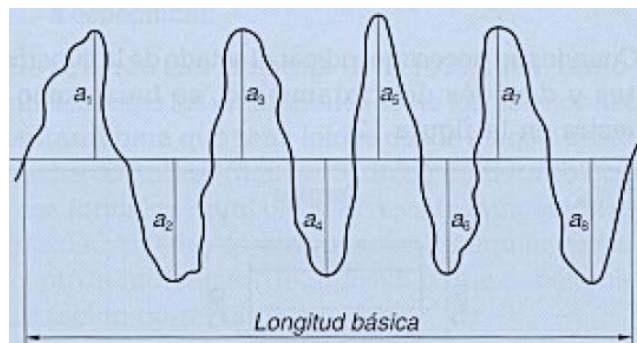
En la siguiente figura se muestra una pieza torneada (donde se aprecia la dirección de las estrías). Se genera una orientación de la rugosidad, adoptando la superficie la forma de una sucesión de valles y crestas.



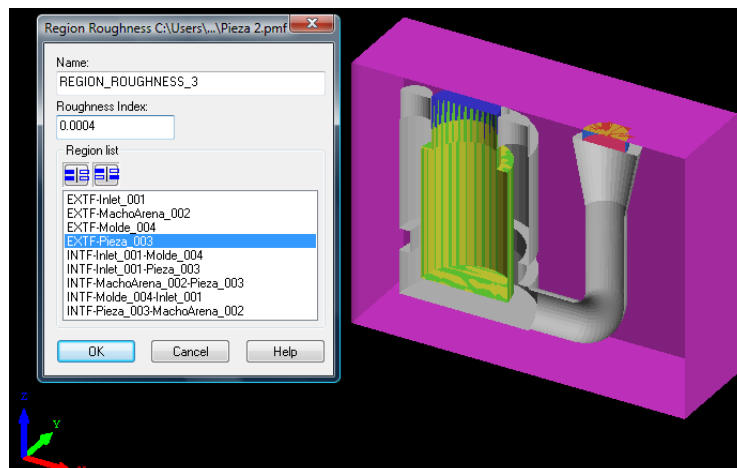
Se denomina **rugosidad Ra** a la media aritmética de las desviaciones de la curva del perfil con respecto a la línea media de la longitud básica de la línea de referencia donde se medirá la rugosidad superficial, donde actuará el rugosímetro. La longitud de evaluación consistirá en una o más longitudes básicas.

La línea media se obtiene por procedimientos matemáticos (como el método de los mínimos cuadrados).

Para la curva de la figura, siendo **an** las alturas de las crestas o las profundidades de los valles, la rugosidad **Ra** se estimaría como:



$$Ra = \frac{|a_1| + |a_2| + \dots + |a_n|}{n}$$



Seleccionaremos la superficie correspondiente a la pieza y por tanto al bebedero e introduciremos el valor *“Roughness Index”* = 0.0004.

13. Condiciones térmicas

Introduciremos las **condiciones Térmicas** por el mismo método que las Hidráulicas.

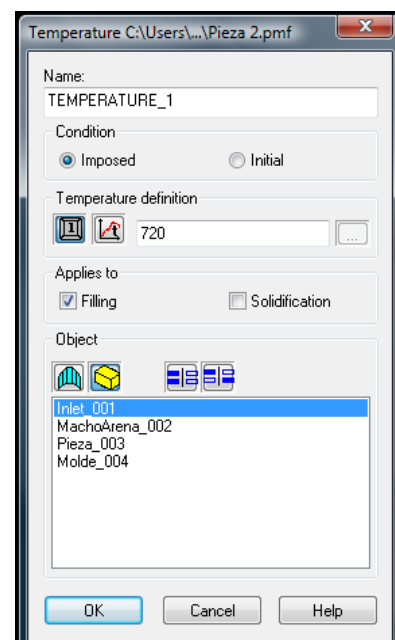
1. Temperatura (Temperature)

Aquí introduciremos la temperatura a la que se encuentra el recipiente desde el que se vierte la colada durante el llenado.

i. Marcaremos la condición *“imposed”* para que la temperatura de entrada sea constante a lo largo del proceso.

ii. En *“Temperature definition”* indicaremos la temperatura. Para la aleación de Wood por ejemplo **100 °C**.

iii. Marcaremos solamente la casilla *“Filling”*(llenado) que es cuando se aplicará esta temperatura.



iv. En la casilla **“Objet”** deberemos **marcar el volumen/superficie por el cual se producirá el llenado**, en este caso **“Inlet”**.

Pulsaremos **“OK”**.

2. El intercambio externo de calor

Mediante **“External exchange”**:

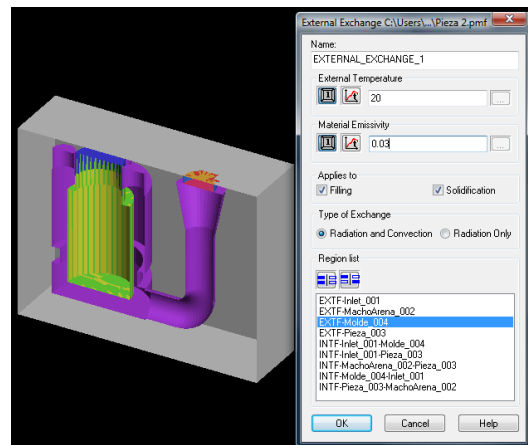
i. Introduciremos la **temperatura del exterior** (**“External Temperature”**).

ii. La **emisividad térmica del material** (**“Material Emisivity”**) (**Aluminio 0.03**).

iii. **Aplicaremos el intercambio tanto en el llenado** (**“Filling”**) como en la solidificación (**“Solidification”**).

iv. El intercambio se realizará tanto por radiación como por convección (**“Radiation and Convection”**).

v. En **“Region list”** seleccionaremos la **cara exterior del molde** que será la que esté en contacto con el aire y le ceda el calor.

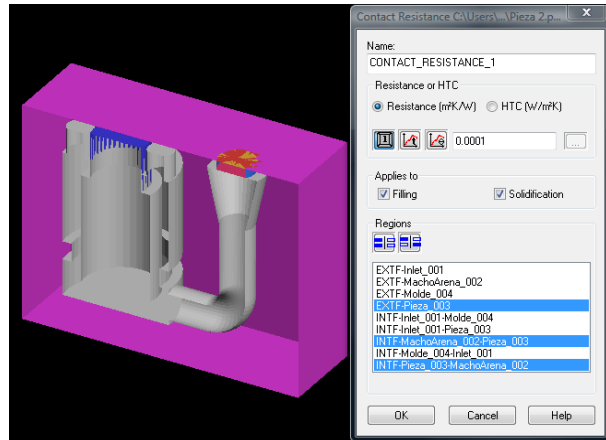


3. Transferencia de calor Colada-Molde

Por último deberemos introducir los **parámetros de la transferencia de calor** de la colada al molde mediante **“Contact Resistance”**:

i. **“Resistance”**:

Este dato se deja tal y como esta ya que el programa lo calcula con los datos ya introducidos.

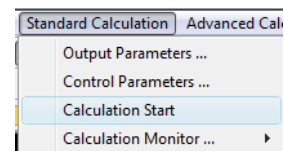


ii. Se aplicara a ambos procesos (**“Filling”** y **“Solidification”**).

iii. En **“regions”** deberemos seleccionar las superficies de **contacto entre la colada y el molde**, es decir la pieza en si.

14. Cálculo

Introducidos todos los datos necesarios nos dirigiremos a **“Standart Calculation/Calculation Start”**.



Llenado y solidificación

Nos aparecerá el siguiente menú con diferentes pestañas. Para realizar nuestros cálculos deberemos seleccionar **“Filling and Solidification”**, la cual nos calculará tanto el llenado del molde como la solidificación de este. Ahora deberemos rellenar los apartados que en este menú aparecen.

i. Seleccionaremos **Standard calulation** e introduciremos la **temperatura inicial de la cavidad**, es decir la temperatura del aire en el interior del molde (**“Initial cavity temperature”**) Por ejemplo **20°C**.

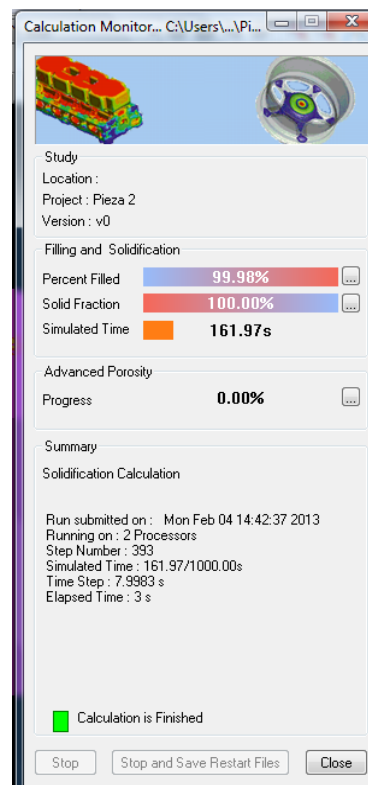
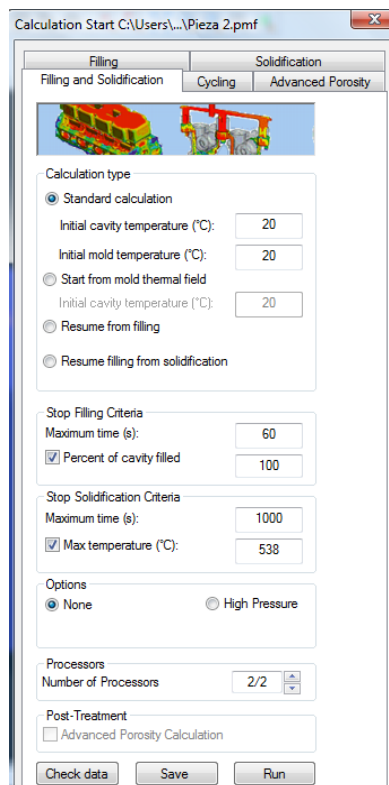
Introduciremos también la **temperatura inicial del molde** (*“Initial mold temperature”*) Por ejemplo **20°C**. Si el molde ha sido precalentado es aquí donde lo indicaremos.

ii. Lo siguiente será introducir los parámetros por los cuales se registrará el final del cálculo tanto en el llenado como en la solidificación.

1. **“Maximum time (s)”**: el máximo de segundos que podrá durar el llenado o el solidificado. (Si no se estima el tiempo de llenado deberemos dar un valor alto para no cortar el proceso).

2. **“Percento fo cavity filled”**: dejaremos esta opción activada y le indicaremos que el llenado debe finalizar cuando este llege al 100%.

3. **“Max temperature”**: Aquí indicaremos la temperatura por debajo de la cual el cálculo de la solidificación se detendrá. En el caso de la aleación de Wood por ejemplo **50°C**.



- iii. **“Processors”**: Aquí podremos indicar el número de procesadores con los que queremos trabajar (el número dependerá de nuestro ordenador), seleccionaremos el número máximo.

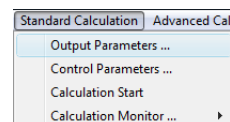
Ahora simplemente pulsaremos **“Run”** y observaremos como los porcentajes tanto de llenado (**“filling”**) como de solidificación (**“solid fraction”**) se completan y el cálculo finaliza.

Nos aparecerá el tiempo de simulación, es decir el tiempo que se ha tardado en rellenar el molde con la colada y que esta solidifique y se enfrie hasta la temperatura que nosotros le hemos indicado.

Pulsaremos **“Close”** y procederemos al siguiente paso, **cargar con el programa los resultados obtenidos**.

❖ **Nota: Cambiar la frecuencia con la que se nos creará la simulación**

Tenemos la opción de cambiar la cantidad de datos que vamos a tener a la hora de representar los estados de la simulación, para ello debemos de ir (claramente antes de realizar la simulación en sí) a la opción **“Standard Calculation/ Output Parameters”**.

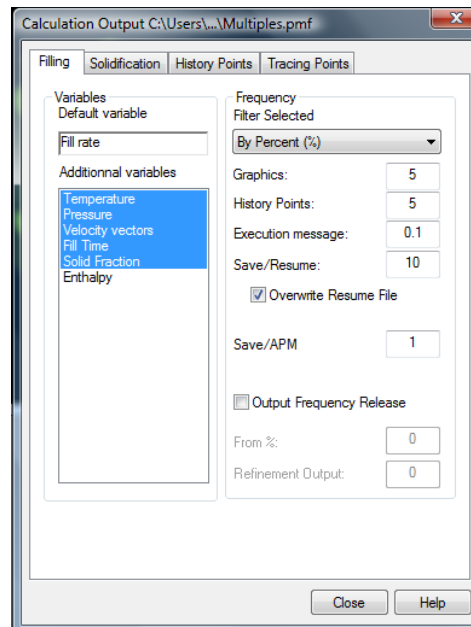


Allí nos aparecerá el siguiente menú, en el cual tendremos las opciones para la creación de los datos:

El baremo que se va a utilizar para el llenado (**“Filling”**) y la solidificación (**“Solidification”**) va a ser el tanto por ciento (%), mediante el cambio de los porcentajes en los cuales se van a extraer datos podremos variar la frecuencia de los mismos, siendo estos:

- **“Graphics”**: frecuencia de los gráficos, es decir de los estados de los que dispondremos más tarde en los resultados

- **“History Points”**: en el caso de que hayamos situado algún punto en especial del que queramos conocer sus datos en cada momento, aquí podremos indicar la frecuencia de sus datos.




- Ejemplo: La manera de controlar la cantidad de datos de salida mediante el porcentaje es el siguiente, si marcamos un 5% como frecuencia obtendremos 20 estados, si la frecuencia es 2% obtendremos 50 estados y así sucesivamente.

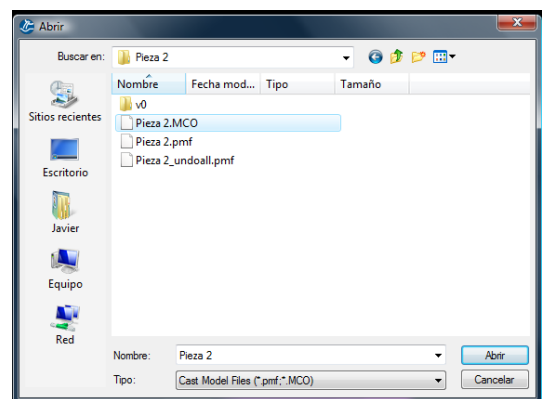
Llenado y solidificación, resultados obtenidos con QuikCAST

Una vez que hemos llevado el modelo de la pieza creado en el programa de CAD al programa QuikCAST y en el hemos creado el molde e introducido todos los parámetros necesarios para la fundición se ha realizado el cálculo y el programa a creado un **archivo .MCO**, que es el que contiene la simulación y los resultados y con el que trabajaremos a partir de ahora.

Abrir archivo

Procederemos a **abrir el archivo .MCO** cuyo **nombre será el mismo que el del proyecto** que nosotros hallamos creado anteriormente.

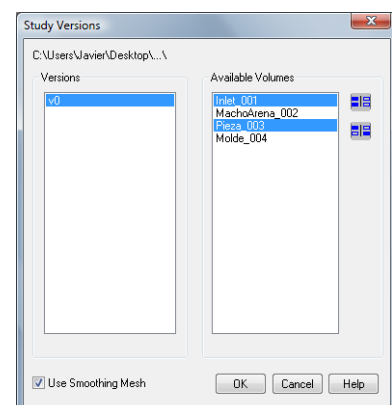
Para ello pulsaremos **“Open”**  y nos aparecerá el siguiente menú en el cual seleccionaremos el archivo y lo abriremos.



Seleccionar volúmenes

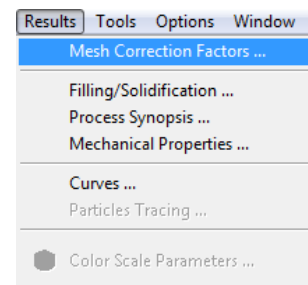
Una vez seleccionado el archivo nos aparecera el siguiente menú en que se muestran los diferentes volúmenes que contiene el archivo, deberemos **resaltar** los que pertenezcan a la **aleación** de nuestra pieza (no al molde) ya que lo que no interesa es ver la colada.

Pulsamos **“OK”** y se nos mostrará la pieza en la ventana.



Seleccionar los diferentes tipos de resultados

Para empezar a ver los diferentes resultados que se nos muestran deberemos ir a y una vez allí dispondremos de los siguientes tipos de datos: ***Mesh Correction Factors, Filling/Solidification . . .***



Mesh Correction Factors(factores de corrección de la malla)

Dado que el modelo con el que ha trabajado es un modelo “finito” tiene algunas diferencias respecto al modelo real y al que creamos originalmente con el programa de CAD, en este apartado de resultados podremos ver los factores de corrección que ha aplicado el programa y tenerlos en cuenta a la hora de valorar los resultados obtenidos en los siguientes apartados.

- **Volume:**

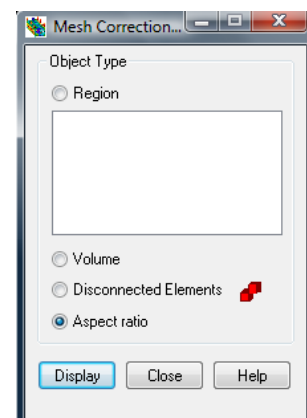
Al seleccionarlo y pulsar “***Display***” nos mostrará sobre los volúmenes el tanto por ciento de corrección que se le ha aplicado.

- **Disconnected Elements:**

Nos mostrará los elementos que debidos al paso a finitos se encuentran desconectados del modelo.

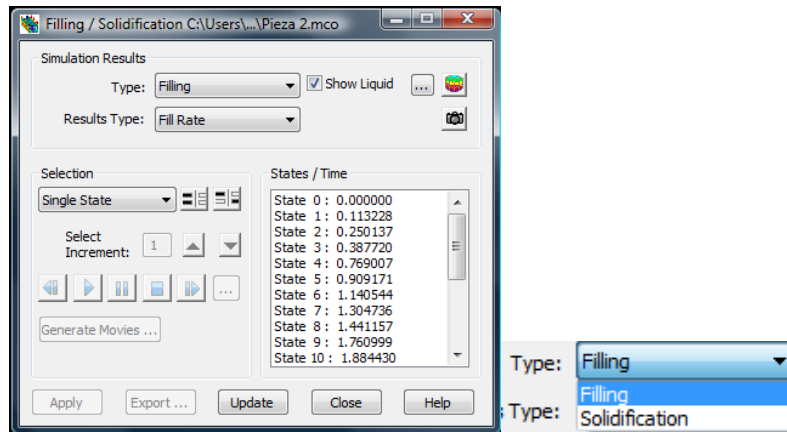
- **Aspect Ratio:**

Se nos muestra la corrección que ha sufrido la malla.

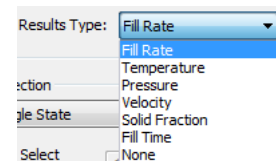


Filling/Solidification(Llenado y solidificación)

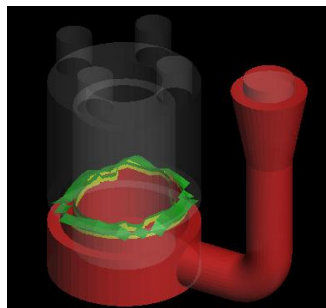
En este apartado de resultados se nos mostrará sobre el modelo de la pieza de manera estática o bien dinámica el **proceso de llenado y solidificación de la pieza**. Nos aparecerá la siguiente tabla con diversas opciones que pasaremos a desgranar:



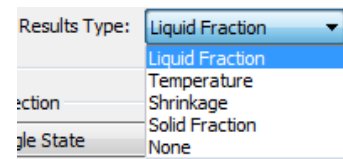
- **Filling:** cuando esta opción esta seleccionada podremos visualizar los siguientes gráficos relacionados con el llenado de la pieza.



- Fill rate:** nos muestra el llenado de la pieza y en las caras que forman el volumen de la colada el tanto por 1 de su llenado.
- Temperature:** nos muestra en cada momento y cada zona la **temperatura de nuestra colada**.
- Pressure:** nos muestra en cada momento y cada zona la **presión de nuestra colada** (solo nos será útil en caso de ser una fundición realizada a presión).
- Velocity:** nos muestra en cada momento y cada zona los **vectores de velocidad** del fluido así como su valor.



- **Solidification:** cuando esta opción esta seleccionada podremos visualizar los siguientes gráficos relacionados con la **solidificación y enfriamiento de la pieza**.




a. **Liquid fraction:** nos mostrará el volumen de la **parte líquida que resta de solidificar** así como su tanto por 1 de líquido en cada zona.

b. **Temperature:** nos muestra en cada momento y cada zona la **temperatura de nuestra pieza**.

c. **Shrinkage:** nos mostrará las partes de la pieza que tienen **contracciones o rechupes** según el tanto por ciento de él que le indiquemos (**Threshold value %**), es decir, si le indicamos 1% nos aparecerán todos los rechupes igual o superiores a un 1%.

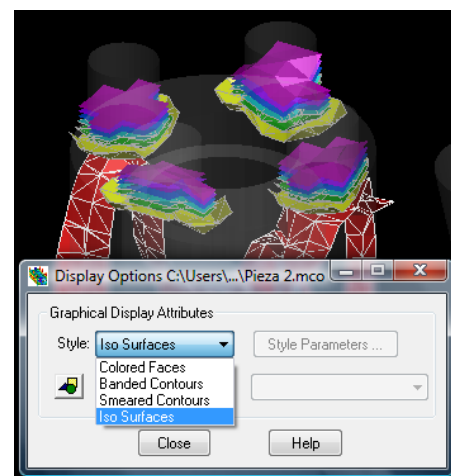
d. **Solid Fraction:** nos mostrará la **fracción sólida** que tenemos en cada momento y cada zona indicándonoslo en tanto por 1.

❖ Nota: Deberemos tener en cuenta que según los datos que le pidamos y el momento en el que se encuentre la fundición deberemos de marcar la casilla ☒ **Show Liquid** ya que lo que desearemos ver son los datos del líquido, en otras ocasiones en las que los datos que queramos ver sean los del sólido esta casilla no debe estar marcada o no nos aparecerá ningún valor.

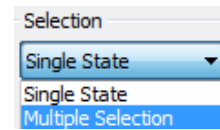
❖ Nota: Si lo que deseamos ver son las fronteras entre los diferentes volúmenes de los valores (para ver las diferentes temperaturas en el interior de la pieza por ejemplo), deberemos de desactivar la opción ☐ **Show Liquid** y pulsar en el menú **"Display Options"** (, nos aparecerá el siguiente menú:


En el debemos pulsar **"Style/Iso Surfaces"** y seguidamente **"Close"**.

Una vez hecho esto al seleccionar cualquiera de los estados de la pieza ya nos aparecerán dichas fronteras entre los datos.





Además de mostrarnos los datos individuales estado por estado el programa dispone de una opción en el propio menú para **mostrarlos** uno tras otro **de manera dinámica** como si de fotogramas de un video se tratase. Para ello deberemos seleccionar en la pestaña **“Selection/Multiple Selection”**, y en la ventana de su derecha los estados que deseamos seleccionar para su visión.




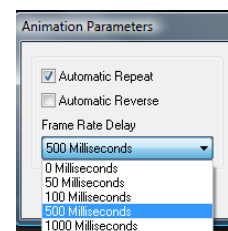
❖ **Nota:** El botón  nos ayudará a deseleccionar todo lo seleccionado y seleccionar todo lo no seleccionado, de esta manera con un solo clic podremos seleccionar todos los estados.

❖ **Nota:** Si deseamos que se seleccionen los datos a mostrar por **intervalos** podremos hacerlo dando el intervalo deseado en **“Select Increment”**



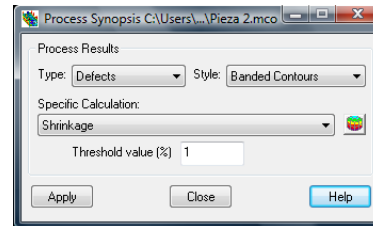
Una vez hecha nuestra selección de estados a mostrar podemos pulsar **“Start Animation”**  y nos empezará a mostrar uno tras otro los estados, pudiendo controlarlos mediante los siguientes botones .

❖ **Nota:** Mediante las opciones de reproducción  podemos seleccionar el tiempo de espera entre un estado y otro, para poder ver comodamente cada uno de estos estados se recomienda establecer un **“Frame rate delay”**(o tiempo de espera entre fotogramas) de 500 milisegundos cuando disponemos de 20 estados o si queremos ver cada uno de ellos con detenimiento. Cuando el número de estados es mayor 50 , no hace falta ningún retardo.



Proces Synopsis

En esta opción de los resultados podremos ver los cálculos finales y los resultados del proceso de fundición, especialmente los **defectos y cálculos de solidificación**.



Tendremos dos apartados:

- **Defects** (defectos): nos muestra los defectos que posiblemente tendremos cuando realicemos la fundición de esa manera.
 - **Shrinkage**: nos proporciona información acerca de la **porosidad y rechupes** por falta de material en la pieza.
 - **Dendritic Arm Spacing(DAS)**: Nos dará información acerca de la **micro estructura de la aleación**, en concreto de del crecimiento dendrítico.
 - **Niyama Criterion**: calcula el **criterio de Niyama** que nos alerta sobre **porosidades y rechupes**.

❖ Nota: Criterio de Niyama

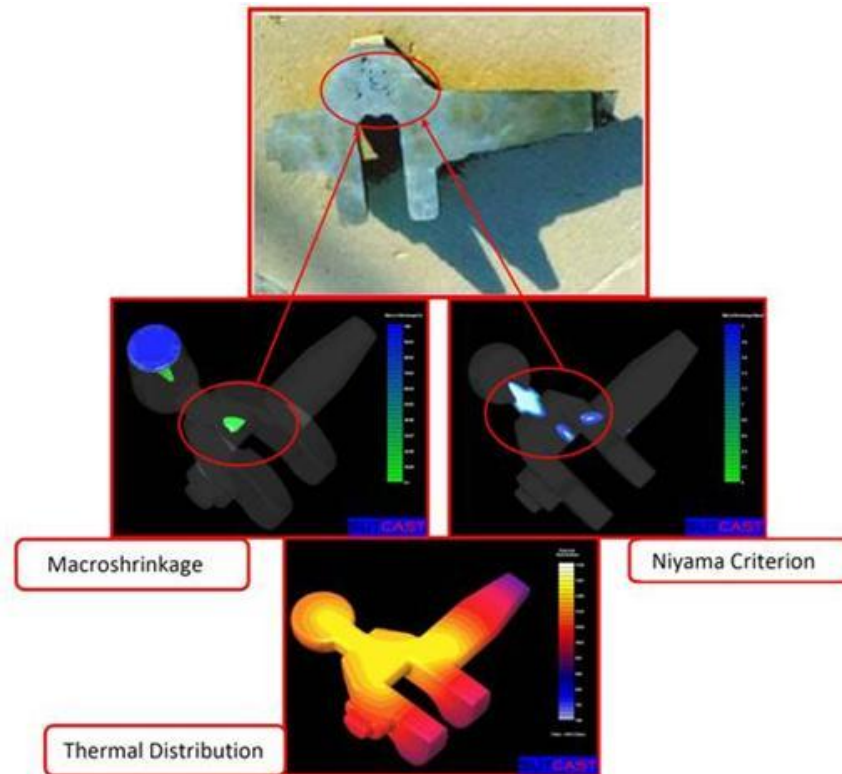
El criterio Niyama se utiliza para predecir la microporosidad y la contracción en las simulaciones fundición lo suficientemente grandes como para ser detectados por pruebas radiográficas.

Aunque el criterio Niyama se ha demostrado que es un predictor fiable de contracción para piezas de fundición de placas, debemos de tener cuidado en la extensión de estos resultados a piezas moldeadas más complejas. En tales casos, la formación de la porosidad o contracción también se ve influenciada por los fenómenos no tenidos en cuenta por el criterio Niyama.

El criterio Niyama se define como G/\sqrt{T} ; donde G es el gradiente de temperatura en K/mm y T es la velocidad de enfriamiento en K/s. Ambas cantidades se estiman en la realización de solidificación. Cada realización de la fundición por el método experimental en sus aleaciones y fundiciones determina el intervalo de valores críticos del criterio de Niyama donde la aparición de porosidad es posible.

La predicción de contracción se ha basado en los puntos calientes aislados. El uso de modelos numéricos de solidificación con criterios térmicos como Niyama ha tenido éxito en la mejora de la calidad de fundición y la solidez del diseño.

Este criterio también es capaz de predecir la probabilidad de fugas debido a la macro o micro interconectados contracción de porosidad. Este modelo es capaz de predecir no sólo el tipo bruto de la contracción, sino también más finos como los encogimientos línea central.



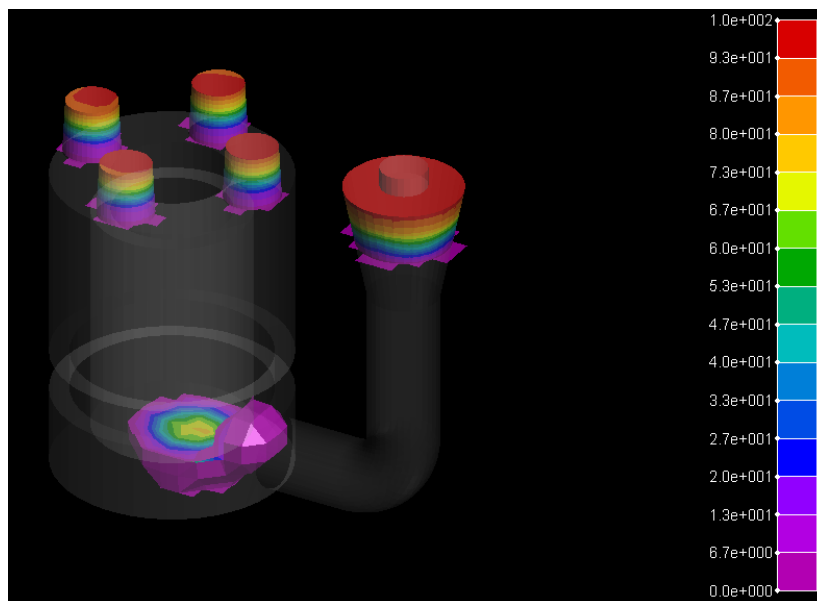
- **Solidification** (Solidificación): nos muestra resultados relacionados con el final de la **solidificación de la pieza**.
 - **Time to solididus**: nos muestra el **tiempo** que necesita **cada parte de la pieza** para alcanzar la temperatura de **solidificación**.
 - **Time to Critical Solid Fraction**: nos muestra el **tiempo** necesario para que cada parte de la pieza alcance la **fracción solida critica**.
 - **Time to Eutectic Temperature**: nos muestra el **tiempo** necesario para que cada parte de la pieza alcance el **punto eutéctico**.
 - **Local Cooling Rate**: nos muestra la **velocidad de enfriamiento** de cada parte de la pieza en grados de temperatura/t (**Celsius/segundo**).
 - **Solidification Time**: nos muestra el **tiempo** necesario para que **cada parte de la pieza se solidifique**.

Ejercicio propuesto

Hallar la temperatura y velocidad de llenado adecuadas

A la hora de verter la colada en una fundición pueden darse dos situaciones extremas:

- Un llenado muy lento y a baja temperatura: en él la colada se desplazara por el interior del molde con dificultad, haciendo que los tiempos de llenado sean demasiado grandes y según las zonas sean muy diferentes. No rellenara bien todo el molde dejando aristas, partes estrechas y alargadas de la fundición sin rellenar completamente, el acabado superficial será también peor.
- Un llenado muy rápido y a alta temperatura: en él la colada se introducirá de manera muy rápida y fluida en la cavidad del molde, rellenándose rápidamente. Relleno ya el molde la colada se encontrará todavía a una temperatura muy alta por lo que sufrirá grandes contracciones, al iniciarse el enfriamiento de esta por sus partes más externas se crearan grandes rechupes y tensiones en la pieza.



Rechupes o contracciones en una pieza llenada rápidamente y a alta temperatura.

➤ Observando en la sección de resultados el **rechupe en la pieza** (“Shrinkage”) ¿Se observa algún tipo de defecto?

- ❖ Los datos facilitados en el anexo al guión corresponden a un **llenado a alta temperatura y alta velocidad**, se producirán **grandes contracciones y rechupes** en la pieza.

Ahora repetiremos el proceso de fundición con otros datos y observaremos si hay algún tipo de defecto o dato arrojado por la simulación (Tiempos de llenado, Temperaturas, etc.) que no sea razonable.

❖ Nota: Para crear la nueva simulación y conservar la que ya hemos realizado deberemos de:

1. Nos dirigimos al directorio en el cual se encuentra la carpeta con los archivos creados por el programa.
2. **Realizar una copia de esta misma carpeta** en el mismo directorio (nos aparecerá con el mismo nombre seguido de “*copia*”, podemos cambiarle el nombre si lo deseamos). Aquí quedarán guardados los datos y resultados de la primera simulación.
3. Volveremos a la ventana (dentro del propio QuikCAST) donde hemos introducido todos los datos del modelo (**Pre-Processing Project**).
4. Introduciremos los nuevos datos.

▪ Al introducir los datos del guion en **definir llenado** (“Inlet”) los datos que introduciremos serán (para el aluminio AlSi7Mg):

- **Temperatura:** Por ejemplo **610 °C**
- **Velocidad** de llenado: Por ejemplo **0.07 Kg/s**.

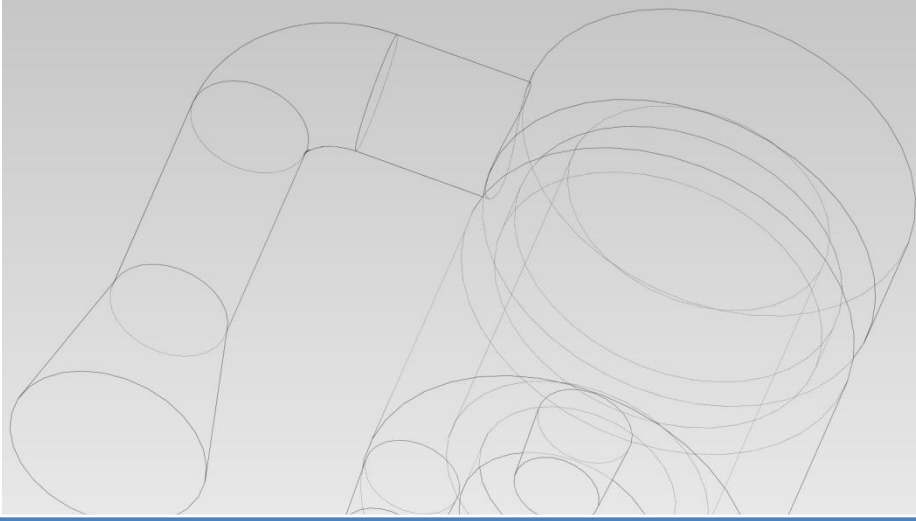
- ❖ Estos datos corresponden a un **llenado muy lento y a baja velocidad** lo que producirá un movimiento muy lento de la colada debido a su gran viscosidad, esto se traducirá en un **tiempo de llenado exageradamente grande**.

Viendo estos dos casos y con la información anteriormente facilitada se deberá encontrar una temperatura y una velocidad de llenado adecuada para la pieza.

Los datos para que la pieza solidifique correctamente serán:

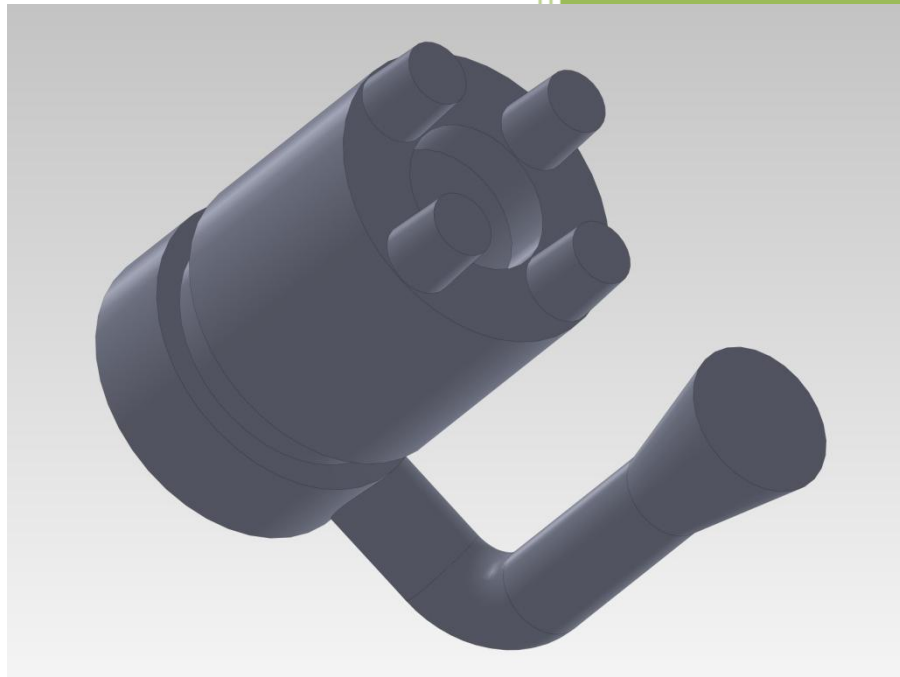
- **Temperatura:** Por ejemplo **763 °C**. Con un margen entre 620°C y 850°C.
- **Velocidad** de llenado: Por ejemplo **0.2 Kg/s**. Con un margen entre 0.15 Kg/s y 0.3 Kg/s.

En este caso solamente se producirá un rechufe en el bebedero lo cual es normal porque es uno de sus cometidos.



2013

Simulación de fundición por ordenador mediante QuikCAST



Autor: Javier Vallejo Royo

Tutor del proyecto: Jesús Casanova

08/05/2013

<i>La fundición</i>	3
La simulación de la fundición mediante QuikCAST	3
<i>Simulación de fundición por ordenador mediante QuikCAST</i>	4
1. Nuevo modelo	4
2. Nombre.....	4
3. Seleccionar archivos	4
4. Reparación automática de la malla	5
5. Cargar piezas adicionales	5
6. Crear volumen de llenado	6
7. Crear el molde.....	7
8. Convertir las superficies en volúmenes	7
9. Asignar nombre y material a los volúmenes	9
10. Crear la malla.....	10
11. Orientar gravedad.....	11
12. Condiciones hidráulicas.....	11
1. Definir el llenado	11
2. Permeabilidad del medio.....	13
3. Rugosidad.....	14
13. Condiciones térmicas.....	14
1. Temperatura (Temperature)	14
2. El intercambio externo de calor	15
3. Transferencia de calor Colada-Molde	15
14. Cálculo	16
<i>Llenado y solidificación, resultados obtenidos con QuikCAST</i>	18
Abrir archivo	18
Seleccionar volúmenes	18
Seleccionar los diferentes tipos de resultados	18
Mesh Correction Factors(factores de corrección de la malla).....	19
Filling/Solidification(Llenado y solidificación)	19
Proces Synopsis	22
<i>Ejercicio propuesto</i>	24

La fundición

La finalidad de la fundición consiste en lograr piezas de las más distintas formas sin necesidad de mecanizar el metal. Si la función es correcta, el proceso ofrece muchas ventajas en relación con otros métodos de fabricación, tales como no limitación de tamaño formas intrincadas y uniformidad en la estructura interna del material.

Los procedimientos más usados para el moldeo son:

Moldeo en arena: es el método más generalizado. La arena se comprime alrededor del modelo y queda contenida en una caja de moldear. El molde se construye en dos mitades para poder sacar el modelo una vez concluida la operación. Las dos mitades del molde se cierran y fijan para verter la colada.

Moldeos permanentes: emplean moldes metálicos, usualmente de fundición de hierro o acero. A fin de evitar el ataque del metal a las paredes, éstas se recubren de cera refractaria o negro de humo. Este método permite mayores producciones, mejor acabado y tolerancias más estrechas.

La simulación de la fundición mediante QuikCAST

La fabricación de los moldes anteriormente citados es un proceso costoso tanto en tiempo como económicamente y un error en su diseño o simplemente un mal resultado de la pieza final significara tener que modificar estos moldes o incluso empezar de nuevo el trabajo.


Esto se intentará evitar mediante la simulación por ordenador del vertido de la colada en el molde y su solidificación. Esto se consigue con un modelo en 3D de la pieza a realizar así como de los elementos que conciernen al molde (bebedero, ataques, mazarotas, etc) e introduciendo en el programa QuikCAST todos los parámetros necesarios para los cálculos.

Una vez realizada la simulación el programa nos mostrara paso a paso el proceso así como los posibles defectos que podrá tener nuestra pieza según el diseño con el que se ha trabajado. Si se han detectado posibles defectos en el resultado final deberá de modificarse el diseño de la pieza y los elementos del molde.

En el siguiente guión se explicara paso a paso como llevar a cabo esta simulación con el programa QuikCAST de una pieza ya creada y como ver los posibles defectos que presentará.

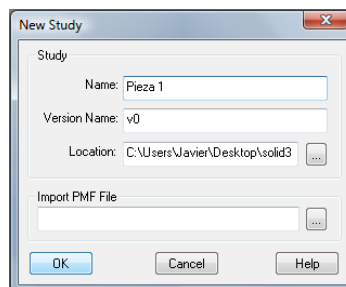
Simulación de fundición por ordenador mediante QuikCAST

1. Nuevo modelo

Abrir un nuevo proyecto para lo cual iremos a la opción **"File/New"** o bien directamente al dibujo de una hoja escrita **"New Model"** .

2. Nombre

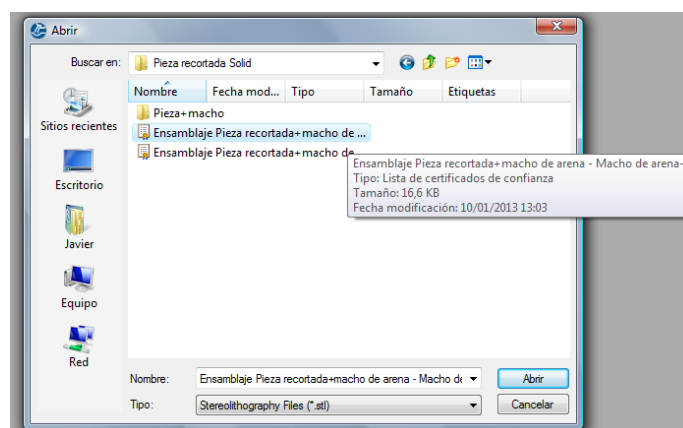
Nos aparecerá ahora el siguiente menú en el que le demos un **nombre** al nuevo modelo.



Pulsaremos **"OK"**.

3. Seleccionar archivos

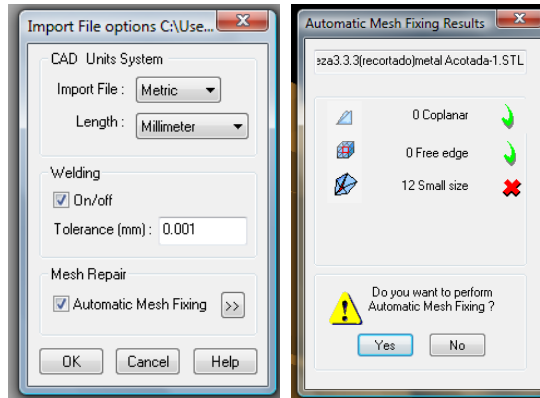
Señalar el archivo .stl(archivo estándar del prototipado rápido) obtenido mediante un programa de CAD.



Pulsamos **"Abrir"**.

4. Reparación automática de la malla

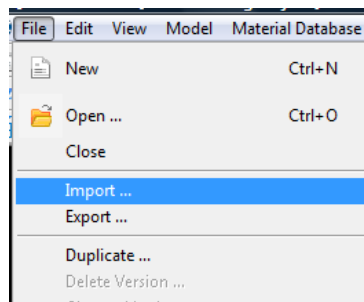
El programa reparará la malla si es necesario **“Automatic Mesh Fixing”** activada.



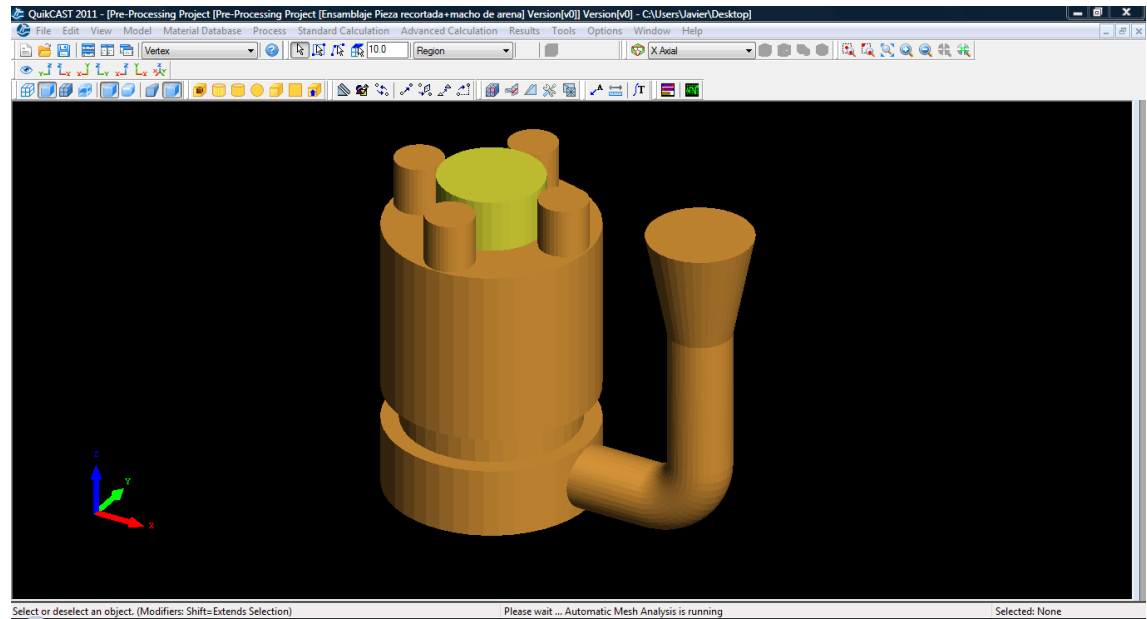
Pulsamos **“OK”** y en la siguiente ventana **“Yes”**.

5. Cargar piezas adicionales

Si necesitamos **cargar algún tipo de macho especial o añadido** -> **“File/Import”**.




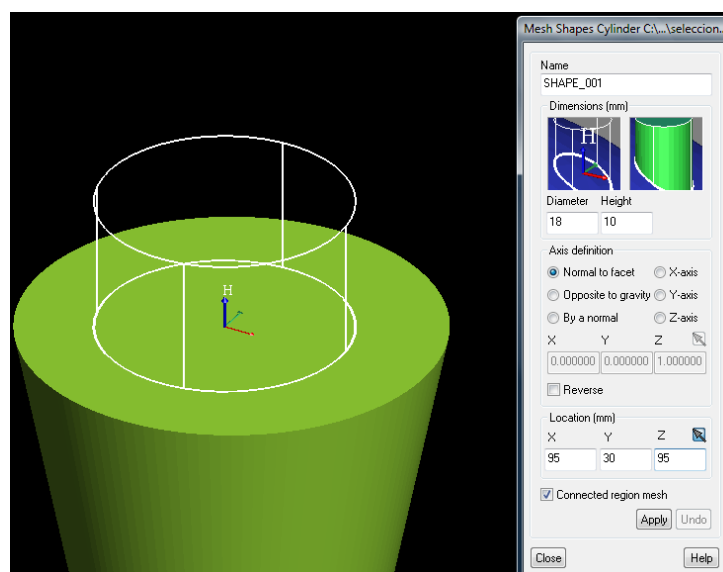
Seleccionamos el macho o la pieza adicional y pulsamos **“Abrir”**. Nos aparecerá de nuevo la ventana con las unidades que tendrá la pieza y la reparación automática, proceder como en el caso anterior. **Tendremos ya nuestras piezas ensambladas automáticamente.**




6. Crear volumen de llenado

Realizaremos un volumen llamado “Inlet” el cual representa la entrada de la colada en el bebedero.


- I. Seleccionamos la herramienta para **crear cilindros** .
- II. Nos aparecerá un menú en el que elegiremos el **diámetro (12 mm)** y la **altura (2 mm)** del cilindro a la vez que lo **colocaremos sobre la cara del bebedero**.



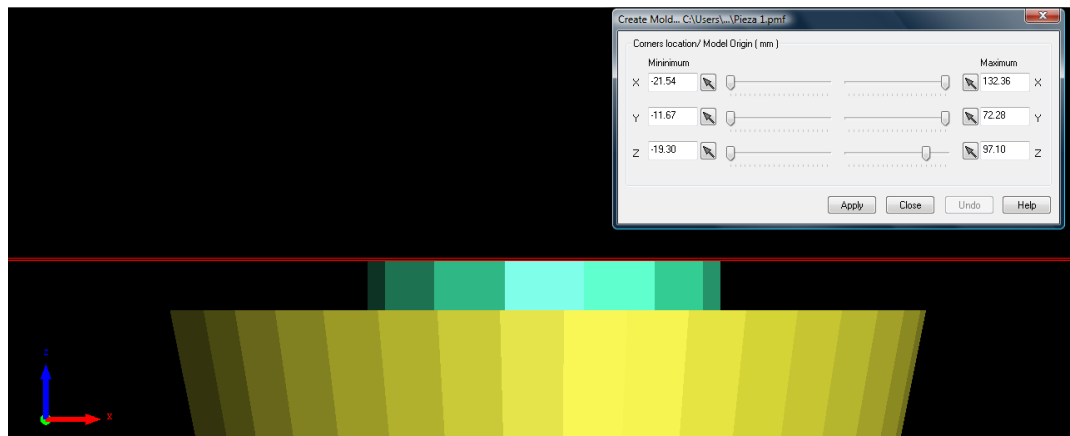
Pulsaremos “Apply” y “Close” .

❖ **Nota:** Para **colocar lo más centrado posible** en el bebedero nuestro volumen deberemos seleccionar la vista que más nos ayude pulsando las **diferentes vistas** de las que dispone el programa .

7. Crear el molde

Crearemos el molde que encierre nuestra pieza, para lo cual pincharemos en **“Mesh Shapes Mold”** .

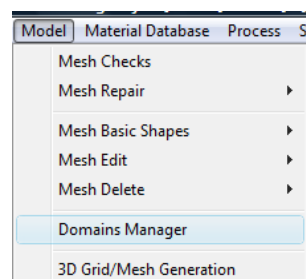
Ajustar de forma **vertical** el molde al volumen **“Inlet”** o de llenado mediante el cursor del menú que nos aparecerá, viendo la línea del volumen en la vista adecuada.



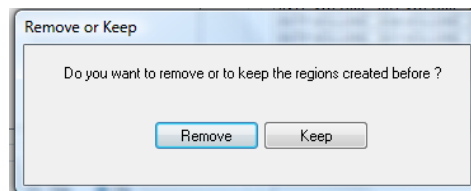
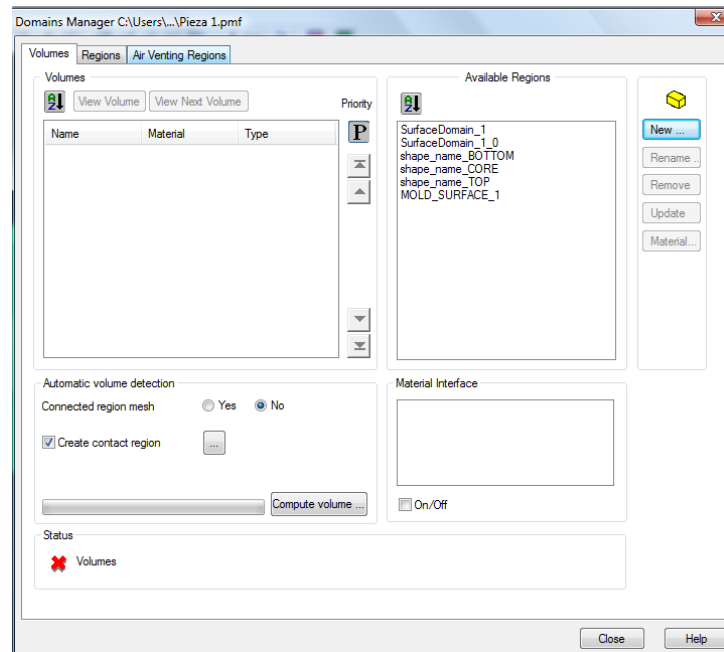
Presionamos **“Apply”** y **“Close”**.

8. Convertir las superficies en volúmenes

Clicar en **“Models/Domain Manager”**.

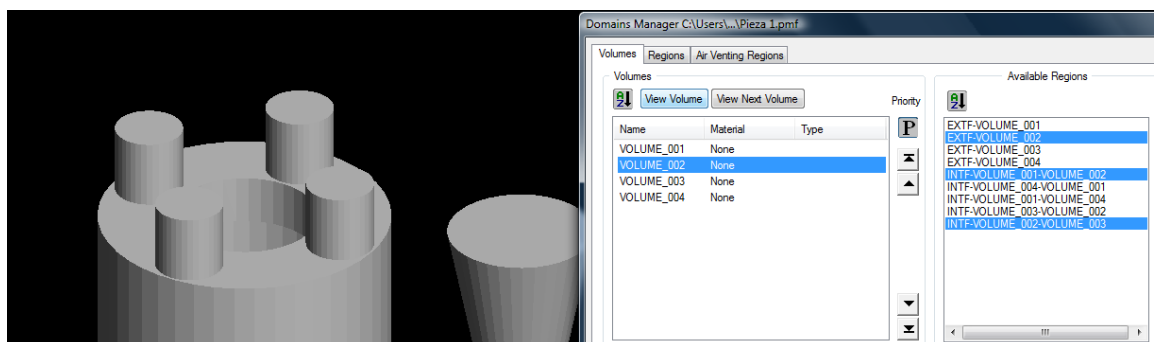


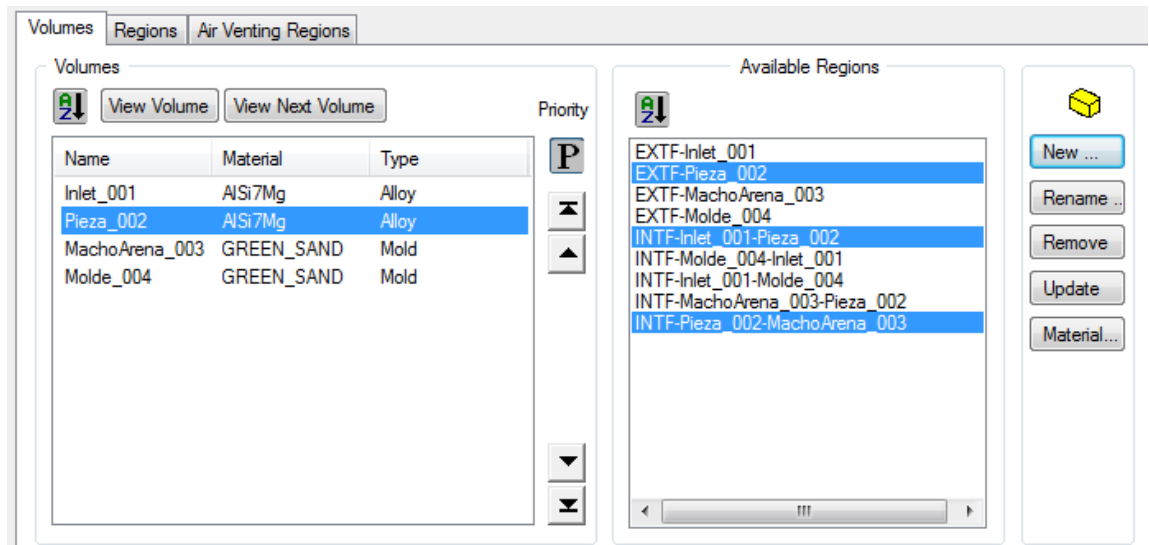
En el marcaremos **“Create contact region”** y seguidamente **“Compute Volume”**.



Pulsar **“Remove”**.

Al seleccionar un volumen en la casilla de la izquierda se resaltarán sus regiones correspondientes en la de la derecha, además podremos ver cada uno de los volúmenes resaltándolos y pulsando **“View Volume”**.





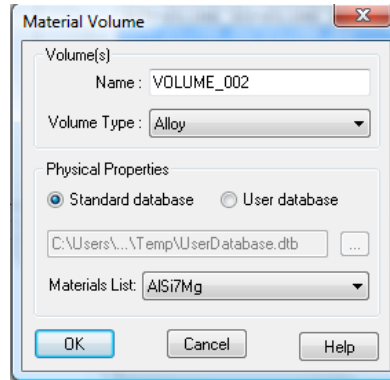
9. Asignar nombre y material a los volúmenes

Identificar cada uno con su nombre correspondiente, si pertenece a la aleación o al molde y del material que estarán hechos.

Para ello seleccionamos un volumen, pulsamos “**View Volume**” para identificarlo, “**Material**”.

Nos aparecerá la siguiente ventana en la cual introduciremos:

- I. El nombre de la pieza (**Name**).
- II. Si pertenece a la aleación o al molde (**Volume Type**, **Alloy**=aleación **Mold**=molde).
- III. Las propiedades físicas (**Physical Properties**) deberemos buscarlas en “**User database**”:
 - i. Pieza: **Aleación_Wood**.
 - ii. Inlet: **Aleación_Wood**.
 - iii. Macho de arena: **GREEN_SAND**.
 - iv. Molde: **Aluminio_5083** .

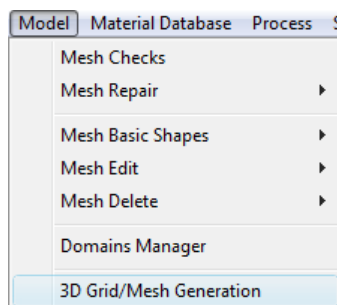


Pulsaremos **“OK”** para confirmar.

Deberemos realizar este proceso para cada una de las piezas y volúmenes.

10. Crear la malla

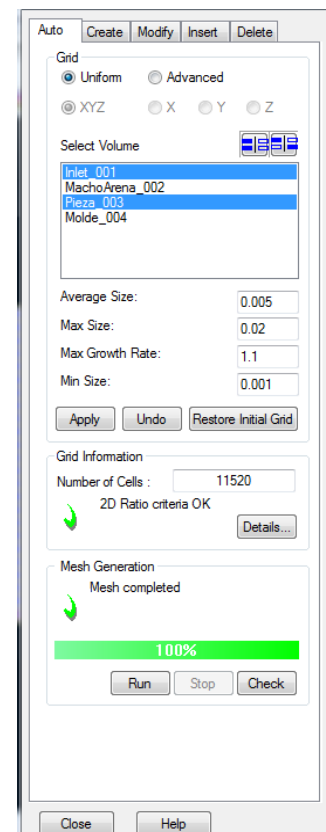
Nos dirigiremos a **“Model/ 3D Grid / Mesh Generation”**.



I. Seleccionar **“Grid-> Uniform”**.

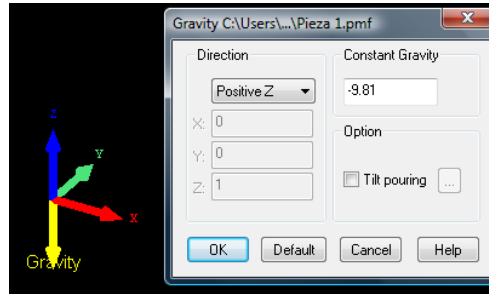
II. Seleccionar de la casilla **todos los volúmenes excepto el molde** (clic izquierdo, resaltado en azul).

Pulsar **“Apply”** y **“Run”**. Una vez que la barra llegue al 100% pulsar **“Close”**.



11. Orientar gravedad

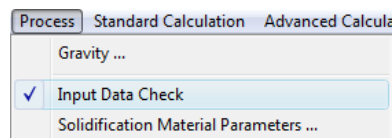
“**Process/Gravity**” y comprobaremos en los ejes que la gravedad estan correctamente, si no, modificaremos su dirección y valor en el menú



Pulsaremos “**OK**” .

12. Condiciones hidráulicas

Abriremos su menú mediante “**Process/ Input Data Check**”.



I. Definir el llenado

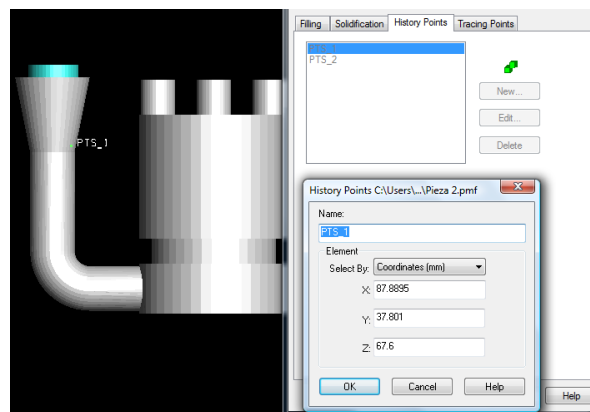
Clic derecho en **Inlet**, “**Add**”.

- i. **Temperatura**: Por ejemplo **100º C**.
- ii. **Velocidad** de llenado: Por ejemplo **0.1 Kg/s**.
- iii. **Metal level control (pouring cup)**: Crear dos puntos en el bebedero (**Low position**= punto más bajo, **High position**= punto más alto) introduciendolos por coordenadas (X, Y, Z).

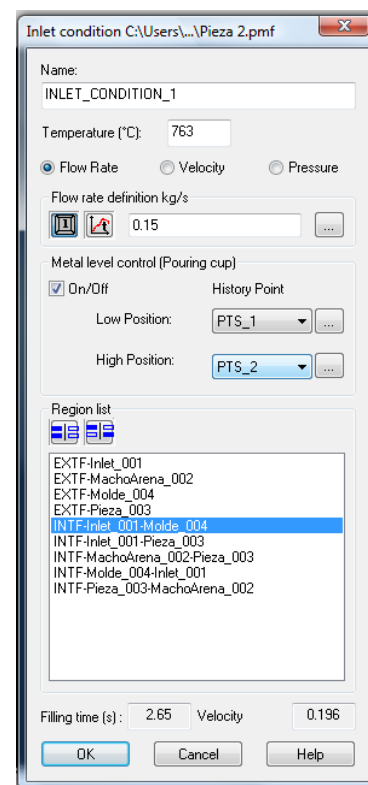
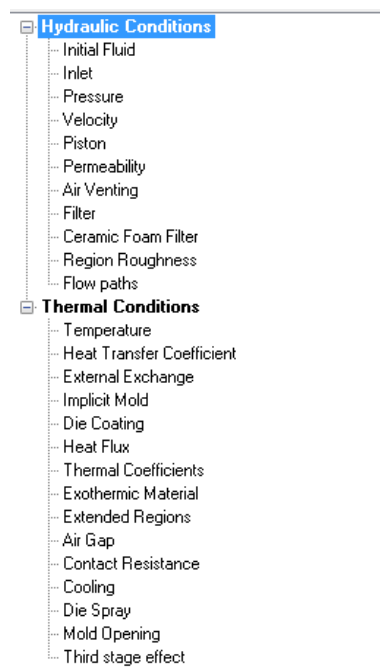
Pulsar  -> **New ...**

Punto superior (100, 30, 85).

Punto inferior (100, 30, 70).



iv. Seleccionar la superficie por la que se realizará el llenado y en la parte inferior del menú nos aparecerán los **datos de tiempo de llenado (Filling time)** en segundos y la **velocidad de llenado** en m/s.

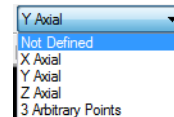


II. Permeabilidad de nuestro molde (Permeability).

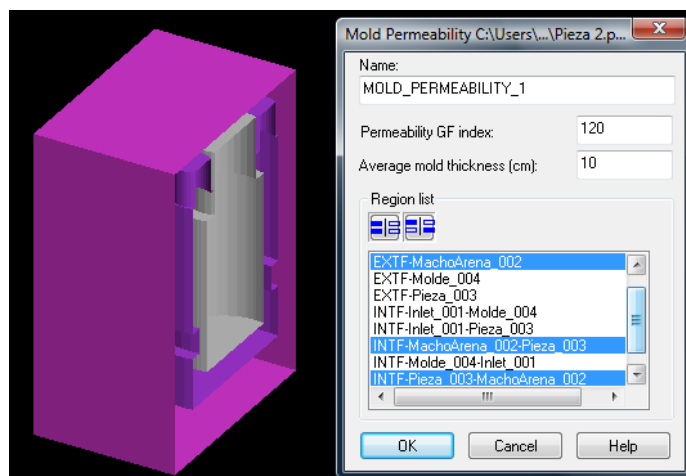
❖ **Nota:** Para poder ver el interior de nuestra pieza incluido el macho de arena tendremos que **seccionar la vista**, para lo cual seleccionaremos de la parte superior derecha el icono



, seleccionando el plano (**X Axial, Y Axial, Z Axial, 3 Arbitrary Points** (tres puntos arbitrarios)) por el que queremos cortar, cortaremos a la altura que nos permita ver bien el macho para seleccionarlo en el menú (al seleccionarlo aparecerá en gris). Para **volver a la vista normal** habrá que seleccionar en el corte **“Not Defined”**.

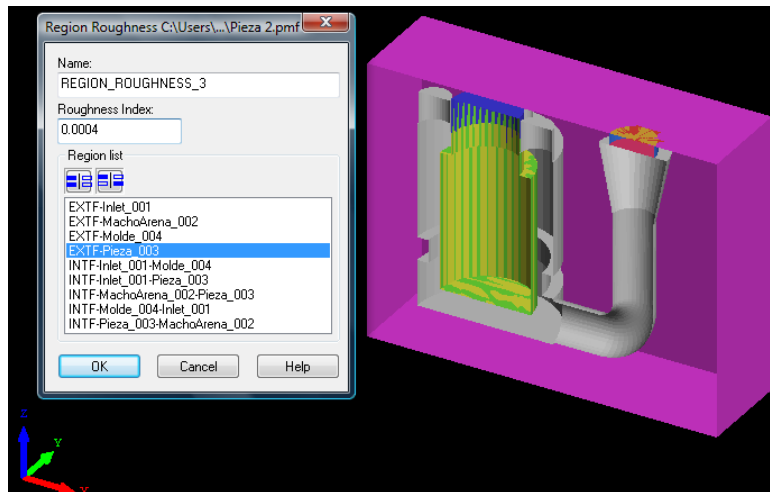


Seleccionamos todas las partes del macho (mantener Ctrl o Shift para una selección múltiple) y **ponemos los correspondientes a la arena** (**Permeability GF index = 120**). Pulsamos **“OK”**.



Una vez realizado con el macho se hará de igual manera con el **aluminio**, seleccionando la pieza, solo que en este la **permeabilidad** será **0**.

III. Rugosidad("Region roughness")



Seleccionaremos la superficie correspondiente a la pieza y por tanto al bebedero e introduciremos el valor *Roughness Index* = 0.0004.

13. Condiciones térmicas

1. Temperatura (Temperature)

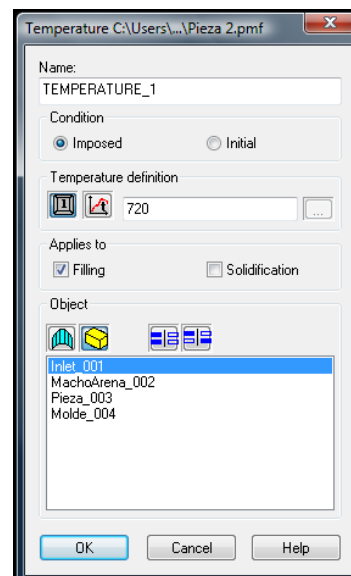
i. Marcaremos la condición *"imposed"*

ii. En *"Temperature definition"* indicaremos la **temperatura**. Para la aleación de Wood por ejemplo **100 °C**.

iii. Marcaremos solamente la casilla *"Filling"* (llenado)

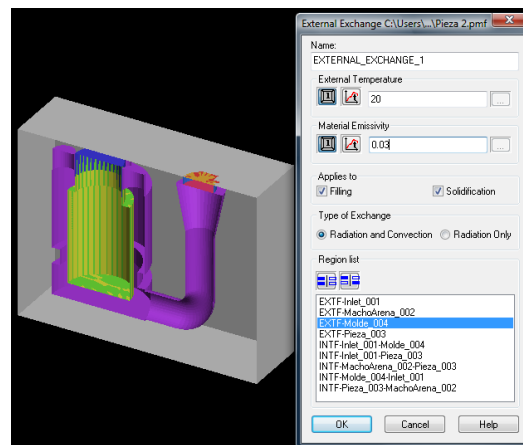
iv. En la casilla *"Objet"* deberemos **marcar** el **volumen/superficie por el cual se producirá el llenado**, en este caso *Inlet*.

Pulsaremos *"OK"*.



2. El intercambio externo de calor (External Exchange)

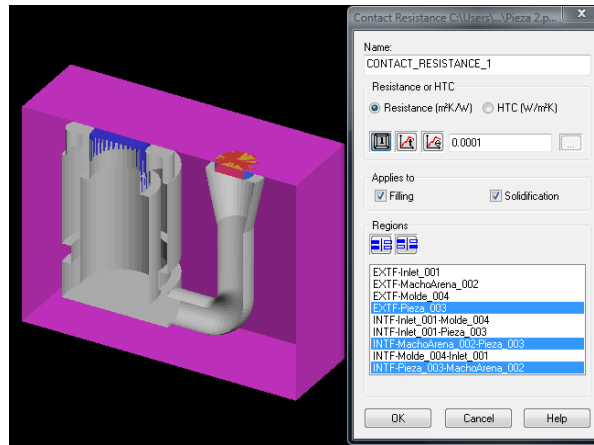
- i. **Temperatura del exterior (*External Temperature*)**: Por ejemplo **20°C**.
- ii. **La emisividad térmica del material (*Material Emisivity*)**: **Aluminio 0.03**.
- iii. **Aplicaremos** el intercambio tanto en el llenado (*Filling*) como en la solidificación (*Solidification*).
- iv. El intercambio se realizará tanto por radiación como por convección (*Radiation and Convection*).
- v. En **Region list** seleccionaremos la **cara exterior** del molde que será la que esté en contacto con el aire y le ceda el calor.



3. Transferencia de calor Colada-Molde

Por último deberemos introducir los **parámetros de la transferencia de calor** de la colada al molde mediante **“Contact Resistance”**:

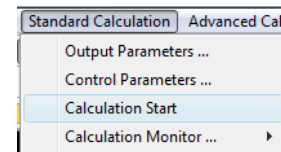
- i. **Resistance**: Este dato se deja tal y como esta ya que el programa lo calcula con los datos ya introducidos.



- ii. Se aplicara a ambos procesos (**Filling** y **Solidification**).
- iii. En regions deberemos seleccionar las **superficies de contacto entre la colada y el molde**, es decir la pieza en sí.

14. Cálculo

Introducidos todos los datos necesarios nos dirigiremos a **“Standart Calculation/Calculation Start”**.



1. Llenado y solidificación

Seleccionar **“Filling and Solidification”**.

- i. Seleccionaremos **“Standard calulation”** e introduciremos la **temperatura inicial de la cavidad**, (**Initial cavity temperature**) por ejemplo **20°C**.

Introduciremos también la **temperatura inicial del molde** (**Initial mold temperature**) por ejemplo **20°C**.

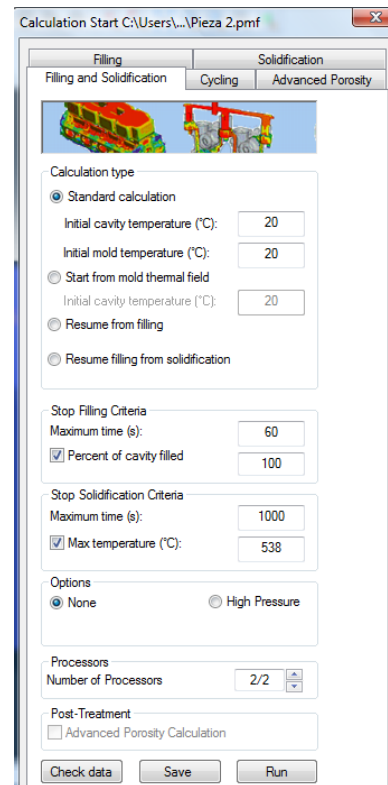
- ii. Final del calculo tanto en el llenado como en la solidificación.

1. **Max temperature**: Aquí indicaremos la temperatura por debajo de la cual el cálculo de la solidificación se detendra. En el caso de la aleación de Wood por ejemplo **50°C**.

iii. **Processors:** Aquí podremos indicar el número de procesadores con los que queremos trabajar (el número dependera de nuestro ordenador), seleccionaremos el número máximo.

Pulsar **“Run”** y esperar a que el cálculo finalice.

Pulsaremos **“Close”** y procederemos al siguiente paso, **cargar con el programa los resultados obtenidos.**




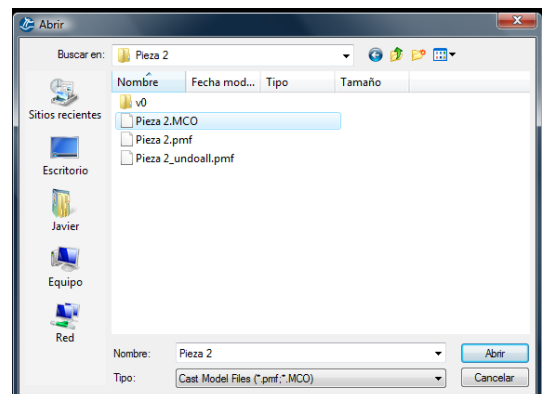
Llenado y solidificación, resultados obtenidos con QuikCAST

Una vez que se ha realizado el cálculo, el programa ha creado un **archivo .MCO**, que es el que contiene la simulación y los resultados.

Abrir archivo

Abrir archivo .MCO cuyo **nombre** será el mismo que el del proyecto.

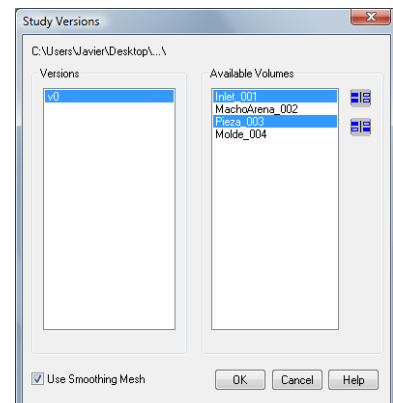
Pulsar “open” , seleccionar el archivo y abrir.



Seleccionar volúmenes

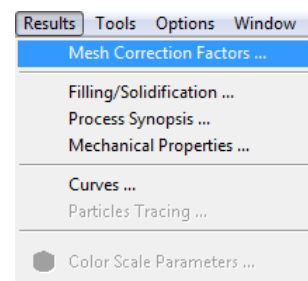
Nos aparecerá el siguiente, deberemos **resaltar las partes de la aleación** de nuestra pieza (no al molde).

Pulsamos **“OK”**.



Seleccionar los diferentes tipos de resultados

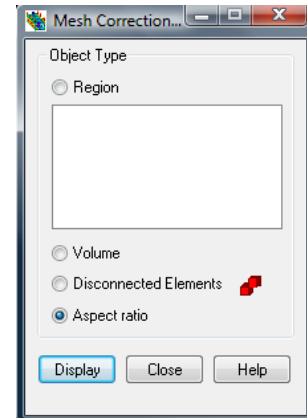
Pulsar **“Results”** y una vez allí dispondremos de los siguientes tipos de datos: **Mesh Correction Factors**, **Filling/Solidification . . .**



Mesh Correction Factors(factores de corrección de la malla)

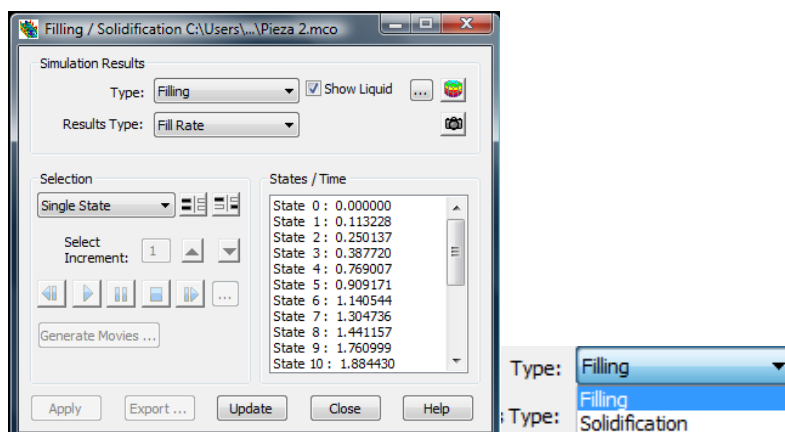
Dado que el modelo con el que ha trabajado es un modelo “finito”, tiene algunas diferencias respecto al modelo real y al que creamos originalmente con el programa de CAD, en este apartado de resultados podremos ver los factores de corrección que ha aplicado el programa y tenerlos en cuenta a la hora de valorar los resultados obtenidos en los siguientes apartados.

- **Volume:** al seleccionarlo y pulsar “Display” nos mostrara sobre los volúmenes el tanto por ciento de corrección que se le ha aplicado.
- **Disconnected Elements:** nos mostrará los elementos que debidos al paso a finitos se encuentran desconectados del modelo.
- **Aspect Ratio:** se nos muestra la corrección que ha sufrido la malla.

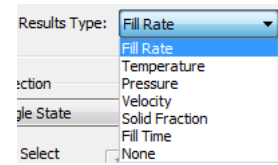


Filling/Solidification(Llenado y solidificación)

En este apartado de resultados se nos mostrará sobre el modelo de la pieza de manera estática o bien dinámica el **proceso de llenado y solidificación de la pieza**. Nos aparecerá la siguiente tabla con diversas opciones que pasaremos a desgranar:



- **Filling:** cuando esta opción esta seleccionada podremos visualizar los siguientes gráficos relacionados con el llenado de la pieza.

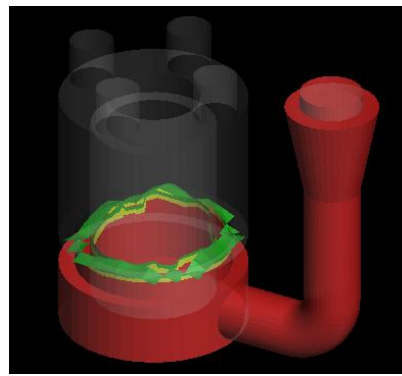


I. **Fill rate:** nos muestra el llenado de la pieza y en las caras que forman el volumen de la colada el tanto por 1 de su llenado.

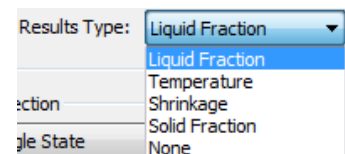
II. **Temperature:** nos muestra en cada momento y cada zona la **temperatura de nuestra colada**.

III. **Pressure:** nos muestra en cada momento y cada zona la **presión de nuestra colada** (solo nos será útil en caso se ser una fundición realizada a presión).

IV. **Velocity:** nos muestra en cada momento y cada zona los **vectores de velocidad** del fluido así como su valor.



- **Solidification:** cuando esta opción esta seleccionada podremos visualizar los siguientes gráficos relacionados con la **solidificación y enfriamiento de la pieza**



I. **Liquid fraction:** nos mostrará el volumen de la **parte líquida que resta de solidificar** así como su tanto por 1 de líquido en cada zona.


II. **Temperature:** nos muestra en cada momento y cada zona la **temperatura de nuestra pieza**.

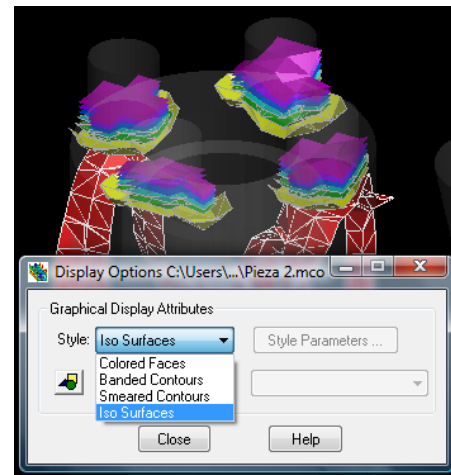
III. **Shrinkage:** nos mostrara las partes de la pieza que tienen **contracciones o "rechupes"** según el tanto por ciento de él que le indiquemos

(Threshold value %), es decir, si le indicamos 1% nos aparecerán todos los rechupes igual o superiores a un 1% .

IV. **Solid Fraction:** nos mostrará la **fracción sólida** que tenemos en cada momento y cada zona indicándonoslo en tanto por 1.

❖ Nota: Deberemos tener en cuenta que según los datos que le pidamos y el momento en el que se encuentre la fundición deberemos de marcar la casilla ☒ Show Liquid ya que lo que desearemos ver son los datos del líquido, en otras ocasiones en las que los datos que queramos ver sean los del sólido esta casilla no debe estar marcada o no nos aparecerá ningún valor.

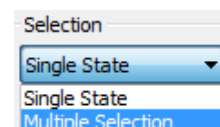
❖ Nota: Si lo que deseamos ver son las fronteras entre los diferentes volúmenes de los valores (para ver las diferentes temperaturas en el interior de la pieza por ejemplo), deberemos de desactivar la opción ☐ Show Liquid y pulsar en el menú **“Display Options”** (Opciones de visualización) , nos aparecerá el siguiente menú:




En el debemos pulsar **“Style/Iso Surfaces”** y seguidamente **“Close”**.



Una vez hecho esto al seleccionar cualquiera de los estados de la pieza ya nos aparecerán dichas fronteras entre los datos.


Además de mostrarnos los datos individuales estado por estado el programa dispone de una opción en el propio menú para **mostrarlos** uno tras otro **de manera dinámica** como si de fotogramas de un video se tratase. Para ello deberemos seleccionar en la pestaña **“Selection/Multiple Selection”**, y en la ventana de su derecha los estados que deseamos seleccionar para su visión.

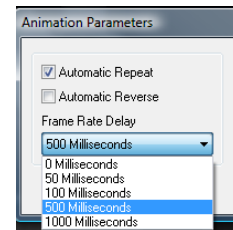


❖ **Nota:** El botón  nos ayudará a deseleccionar todo lo seleccionado y seleccionar todo lo no seleccionado, de esta manera con un solo clic podremos seleccionar todos los estados.

Si deseamos que se seleccionen los datos a mostrar por **intervalos** podremos hacerlo dando el intervalo deseado en **“Select Increment”** .

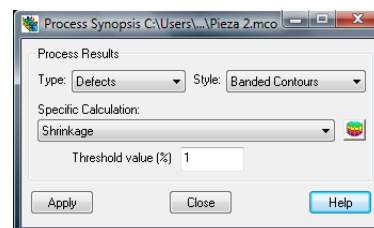
Una vez hecha nuestra selección de estados a mostrar podemos pulsar **“Start Animation”**  y nos empezará a mostrar uno tras otro los estados pudiendo controlar los estados mediante los siguientes botones .

❖ **Nota:** Mediante las opciones de reproducción  podemos seleccionar el tiempo de espera entre un estado y otro, para poder ver comodamente cada uno de estos estados se recomienda establecer un **“Frame rate delay”** de 500 milisegundos cuando disponemos de 20 estados o si queremos ver cada uno de ellos con detenimiento. Cuando el número de estados es mayor de 50 por ejemplo, no hace falta ningún retardo.



Proces Synopsis

En esta opción de los resultados podremos ver los cálculos finales y los resultados del proceso de fundición, especialmente los **defectos y cálculos de solidificación**.



Tendremos dos apartados:

- **Defects** (defectos): nos muestra los defectos que posiblemente tendremos cuando realicemos la fundición de esa manera.
 - **Shrinkage**: nos proporciona información acerca de la **porosidad y rechupes** por falta de material en la pieza.
 - **Dendritic Arm Spacing(DAS)**: Nos dará información acerca de la **micro estructura de la aleación**, en concreto de del crecimiento dendrítico*.

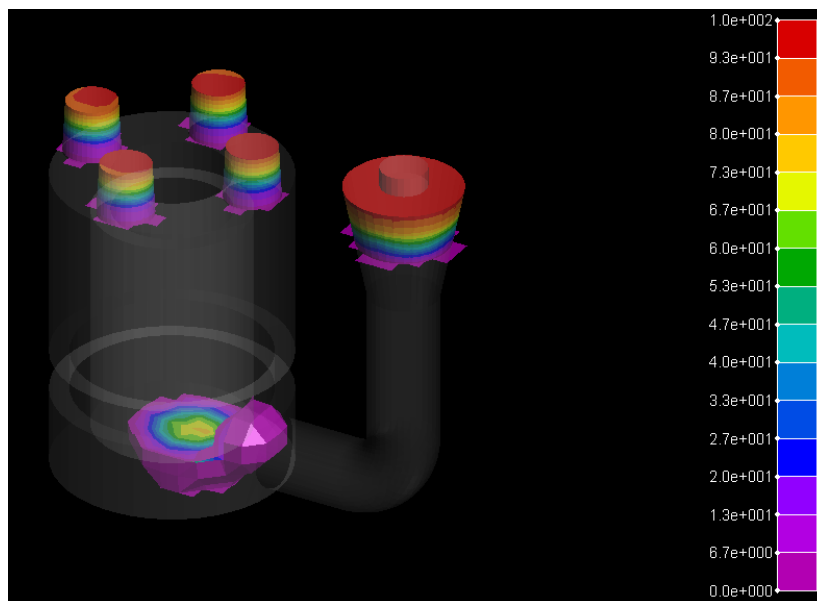
- **Niyama Criterion:** calcula el **criterio de Niyama** que nos alerta sobre porosidades y rechupes.
- **Solidification** (Solidificación): nos muestra resultados relacionados con el final de la **solidificación de la pieza**.
 - **Time to solididus:** nos muestra el **tiempo** que necesita **cada parte de la pieza** para alcanzar la temperatura de **solidificación**.
 - **Time to Critical Solid Fraction:** nos muestra el **tiempo** necesario para que cada parte de la pieza alcance la **fracción solida crítica**.
 - **Time to Eutectic Temperature:** nos muestra el **tiempo** necesario para que cada parte de la pieza alcance el **punto eutéctico***.
 - **Local Cooling Rate:** nos muestra la **velocidad de enfriamiento** de cada parte de la pieza en grados de temperatura/t (**Celsius/segundo**).
 - **Solidification Time:** nos muestra el **tiempo** necesario para que **cada parte de la pieza se solidifique**.

Ejercicio propuesto

Hallar la temperatura y velocidad de llenado adecuadas

A la hora de verter la colada en una fundición pueden darse dos situaciones extremas:

- Un llenado muy lento y a baja temperatura: en él la colada se desplazará por el interior del molde con dificultad, haciendo que los tiempos de llenado sean demasiado grandes y según las zonas sean muy diferentes. No rellenará bien todo el molde dejando aristas, partes estrechas y alargadas de la fundición sin rellenar completamente, el acabado superficial será también peor.
- Un llenado muy rápido y a alta temperatura: en él la colada se introducirá de manera muy rápida y fluida en la cavidad del molde, rellenándose rápidamente. Relleno ya el molde la colada se encontrará todavía a una temperatura muy alta por lo que sufrirá grandes contracciones, al iniciarse el enfriamiento de esta por sus partes más externas se crearan grandes rechupes y tensiones en la pieza.



Rechupes o contracciones en una pieza llenada rápidamente y a alta temperatura.

- Observando en la sección de resultados el **rechupe en la pieza** (“Shrinkage”) ¿Se observa algún tipo de defecto?

Ahora repetiremos el proceso de fundición con otros datos y observaremos si hay algún tipo de defecto o dato arrojado por la simulación (Tiempos de llenado, Temperaturas, etc.) que no sea razonable.

❖ Nota: Para crear la nueva simulación y conservar la que ya hemos realizado deberemos de:

1. Nos dirigiremos al directorio en el cual se encuentra la carpeta con los archivos creados por el programa.
2. **Realizar una copia de esta misma carpeta** en el mismo directorio (nos aparecerá con el mismo nombre seguido de “*copia*”, podemos cambiarle el nombre si lo deseamos). Aquí quedarán guardados los datos y resultados de la primera simulación.
3. Volveremos a la ventana (dentro del propio QuikCAST) donde hemos introducido todos los datos del modelo (**Pre-Processing Project**).
4. Introduciremos los nuevos datos.

▪ Al introducir los datos del guion en **definir llenado** (“Inlet”) los datos que introduciremos serán (para el aluminio AlSi7Mg):

- **Temperatura:** Por ejemplo **610 °C**
- **Velocidad** de llenado: Por ejemplo **0.07 Kg/s**.

Viendo estos dos casos y con la información anteriormente facilitada se deberá encontrar una temperatura y una velocidad de llenado adecuada para la pieza.

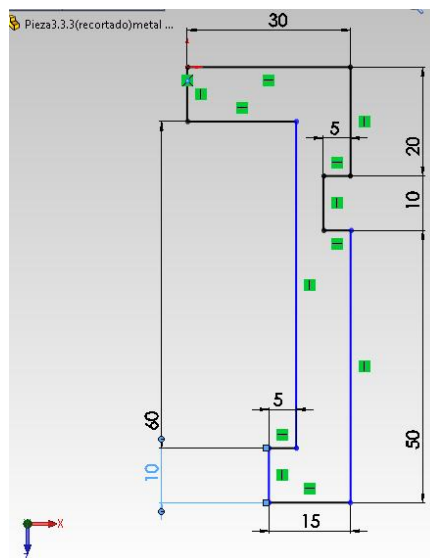
Dibujo y exportación de la pieza en SolidWorks

El programa QuikCAST necesita para trabajar la pieza creada anteriormente con diferentes programas cuyos formatos de exportación son compatibles como Patran, Ansys, Ideas, SolidWorks, etc.

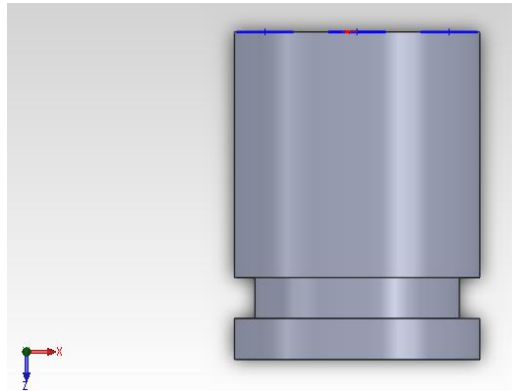
Se ha elegido el programa SolidWorks para crear el modelo en 3D que utilizaremos después en QuikCAST. El tipo de archivo en el que se ha exportado es el .STL, llamado de “Prototipado Rápido”.

La creación de la pieza en SolidWorks se ha realizado de la manera estándar mediante dibujo de croquis, planos, revolucionado y extrusionado que muy brevemente se describirán a continuación.

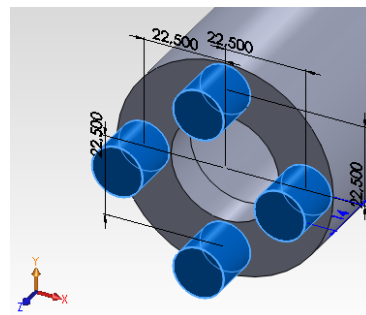
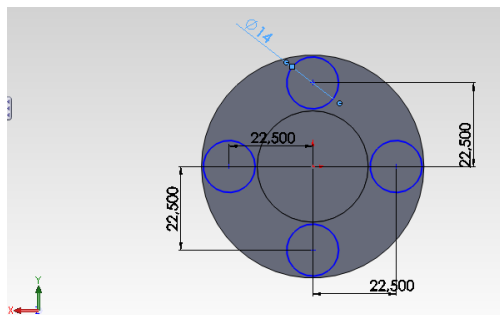
1. ***Debemos elegir la orientación que va a tener nuestra pieza, una vez elegida debemos de tener en cuenta la orientación de los ejes que tiene SolidWorks y la que tiene QuikCAST ya que puede no ser la misma*** y si no lo tenemos en cuenta al importar la pieza puede que no nos quede en la posición que deseábamos y tendríamos que darle la vuelta lo cual será más complicado.
2. Elegida la posición y el plano procedemos a dibujar el croquis de nuestra pieza tomando como punto inicial el origen de los ejes.



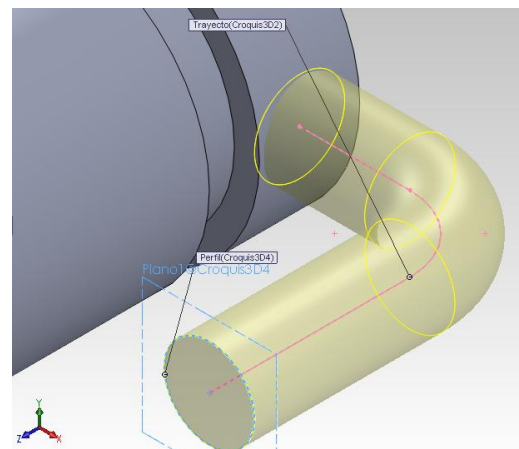
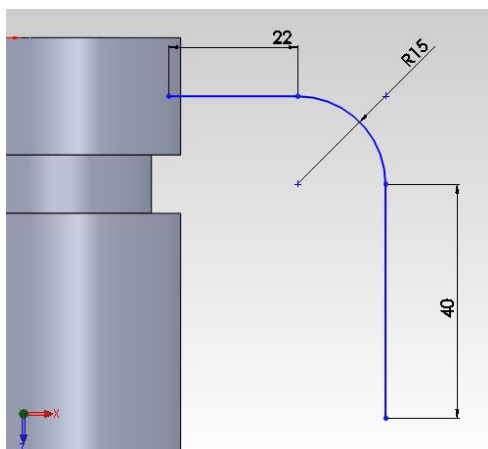
3. Una vez dibujado el contorno procedemos a “revolucionarlo” para obtener así el volumen deseado.



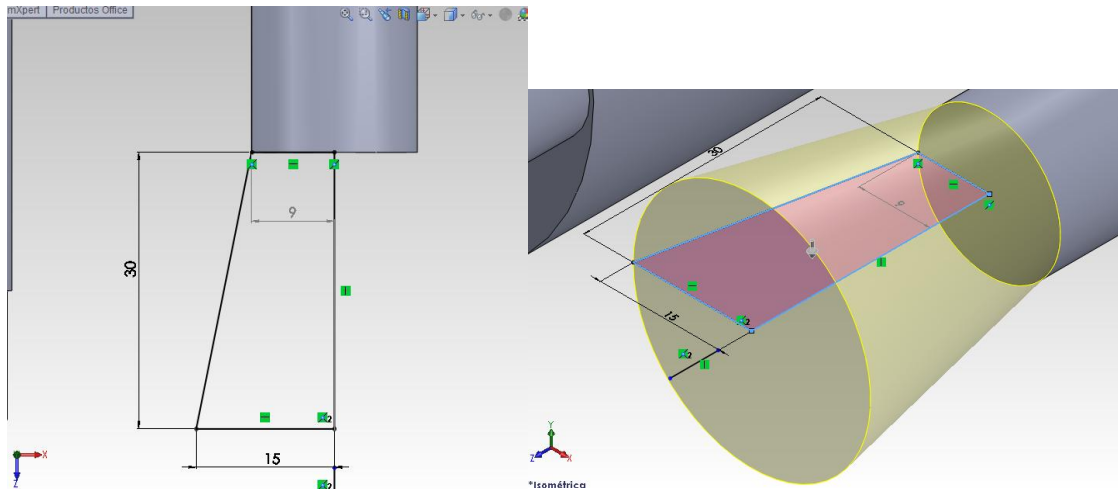
4. Seguidamente dibujaremos el croquis de las mazarotas en la parte superior de la pieza siendo estas circulares. A continuación las extruiremos.



5. Dibujaremos el croquis del canal por donde entrara la colada, para después realizar una operación de barrido.

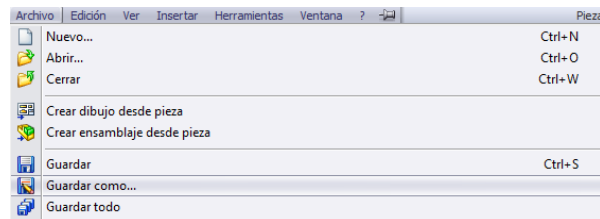


6. Por ultimo dibujamos el croquis que dará lugar al bebedero y lo revolucionamos.

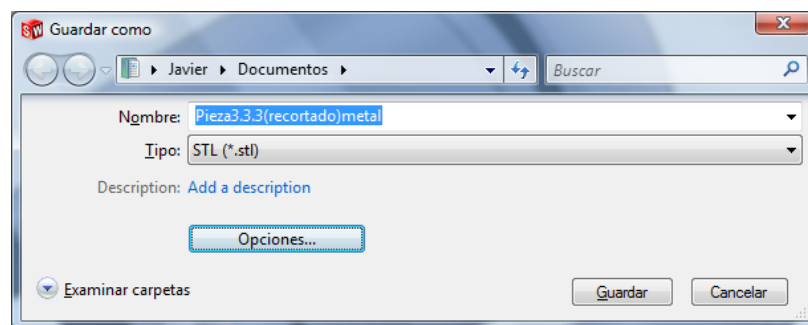


Una vez que tenemos la pieza dibujada en 3D **debemos guardarla en un formato que QuikCAST reconozca, en este caso será .STL**, para lo cual:

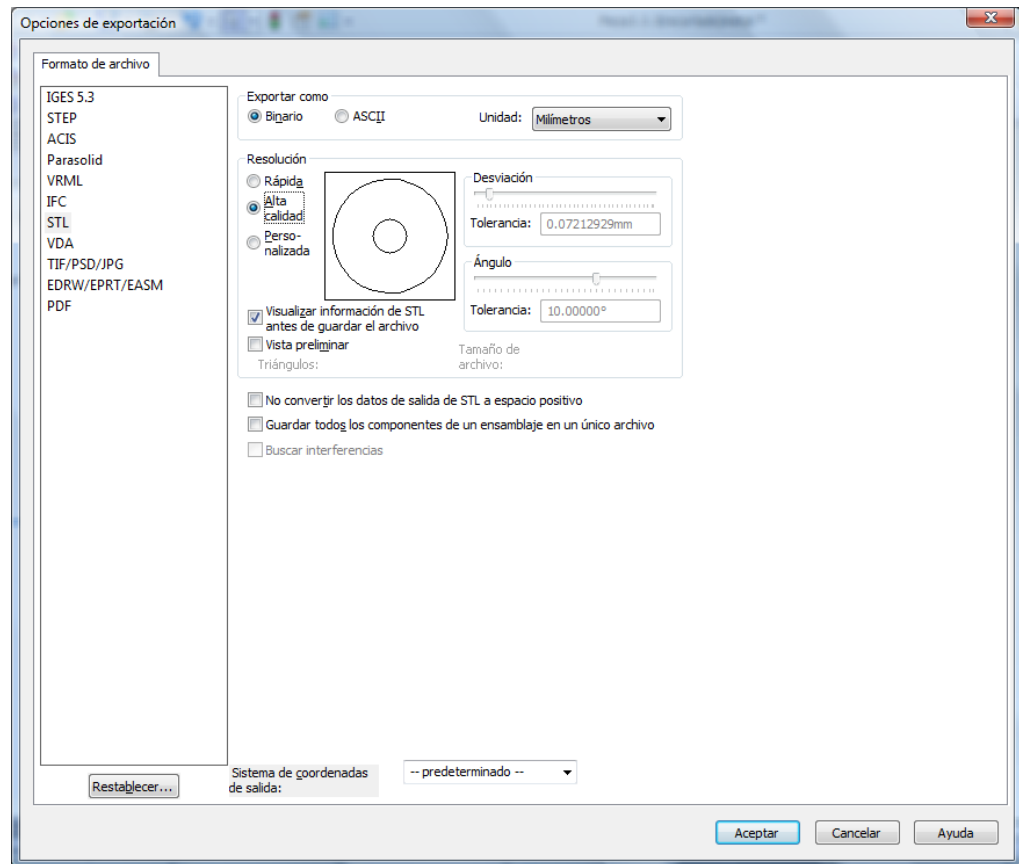
I. **“Archivo/Guardar como...”**



II. En la ventana que aparecerá, pinchar en **“Tipo”** y en el desplegable que aparece seleccionar **STL(*.stl)**.



III. Podemos exportarlo directamente con los parámetros predeterminados de SolidWorks pinchando en **“Guardar”** o bien podemos pinchar en **“Opciones...”** para cambiar estos parámetros.




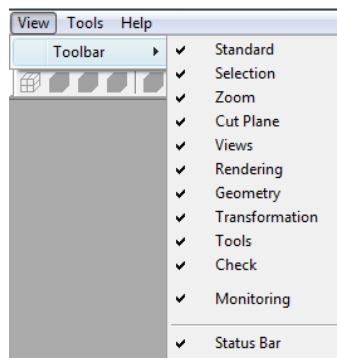
- Podremos elegir el formato de archivos que exportaremos (Binario o ASCII) y las **unidades** en la que lo exportaremos (milímetros, centímetros, metros, ...).
- Podremos elegir la resolución (calidad o precisión) con la que exportaremos el modelo, existen dos predeterminadas: **rápida y alta calidad**, además una opción personalizada.

Una vez seleccionadas nuestras preferencias pulsaremos **“Aceptar”** y en el menú anterior **“Guardar”**.

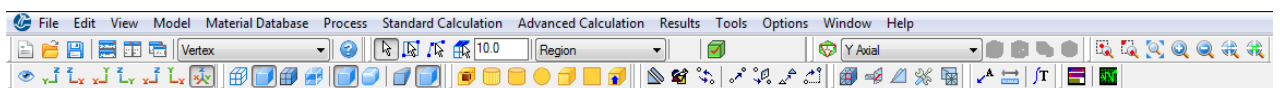
Preparar entorno QuikCAST

Para trabajar cómodamente con el programa QuikCAST debemos de tener todas las herramientas necesarias accesibles de forma fácil, para lo cual primero deberemos preparar el programa haciendo que estas sean visibles en el entorno.

Para ello no tendremos más que ir a **“View/Toolbar”** y allí seleccionar todas las herramientas que nos aparecen (al seleccionarlas deberán quedar marcadas con un tic )



Según vallamos seleccionando las herramientas aparecerán en nuestro entorno y deberemos de organizarlas como a nosotros nos parezca más útil, un ejemplo de organización de las herramientas podría ser este:



Las herramientas que aparecen en la barra son las siguientes:



Seleccionar un polígono o varios de una superficie o una cara completa.



Herramienta para realizar una sección en la vista, pudiendo elegir los ejes X, Y, Z o bien mediante tres puntos en el modelo.



Diferentes maneras de hacer zoom sobre el modelo.



Vistas disponibles de la pieza según los ejes de coordenadas.



Nos muestra las aristas y caras del modelo de diferentes maneras; solo aristas, relleno, aristas y relleno, traslúcido.



Nos muestra las aristas vivas o bien suavizadas de nuestro modelo.



La vista cambia con la distancia o bien se mantiene constante.



Diferentes herramientas para crear moldes, volúmenes, formas o extruir a partir de caras o formas.



Nos servirá para modificar la geometría de nuestro modelo.



Podremos realizar una traslación, una simetría, un escalamiento o un cambio de ángulo en el modelo.

Modificaciones en los datos del “Guión Rápido” y “Guión” para llevar a cabo la práctica.

Estas son las modificaciones necesarias en los datos del guión para prácticas con QuikCAST. Todo el proceso ha sido realizado con la idea de trabajar con la aleación de Wood como material de la pieza, Aluminio 5083 como molde permanente y Arena como macho. Por falta de datos por el momento sobre la aleación de Wood se realizará la pieza con **Aluminio (AlSi7Mg) como material para la pieza y Arena (GREEN_SAND) como material para el molde y el macho.**

➤ Página 9 “Guión Rápido”, Página 16 “Guión”

Deberemos buscarlas en *“Standard database”*:

- i. **Pieza: AlSi7Mg.**
- ii. **Inlet: AlSi7Mg.**
- iii. **Macho de arena: GREEN_SAND.**
- iv. **Molde: GREEN_SAND.**

➤ Página 11 “Guión Rápido”, Página 23 “Guión”

I. Definir el llenado

Clic derecho en **Inlet**, *“Add”*.

- i. **Temperatura:** Por ejemplo **1200° C.**
- ii. **Velocidad de llenado:** Por ejemplo **0.6 Kg/s.**

➤ Página 13 “Guión Rápido”, Página 25 “Guión”

“Una vez realizado con el macho se hará de igual manera con el **aluminio**, seleccionando la superficie de la propia pieza, solo que en este la **permeabilidad** será **0.**”

En este caso tanto el macho como el molde se realizarán en arena, así que al realizarlo en el molde se le dará la misma permeabilidad que a la arena (*Permeability GF index = 120*).

➤ Página 14 “Guión Rápido”, Página 28 “Guión”

Rugosidad (“Region roughness”)

Seleccionaremos la superficie correspondiente a la pieza y por tanto al bebedero e introduciremos el valor *Roughness Index = 0.05*.

Temperatura (Temperature)

i. En “*Temperature definition*” indicaremos la **temperatura**. Para la aleación de Aluminio (**AlSi7Mg**) por ejemplo **1200 °C**.

➤ Página 15 “Guión Rápido”, Página 29 “Guión”

La **emisividad térmica del material** (*Material Emisivity*): **Arena (GREEN_SAND) 0.9**.

➤ Página 16 “Guión Rápido”, Página 31 “Guión”

- **Max temperature**: Aquí indicaremos la temperatura por debajo de la cual el cálculo de la solidificación se detendrá. En el caso de la aleación de Aluminio (**AlSi7Mg**) por ejemplo **538°C**.

Bibliografía

QuikCAST 2011 Reference Manual.

Menú de ayuda QuikCAST.

Getting Started with QuikCAST (Tutorial).

Manufacturing Engineering and Technology, Kalpakjian & Schmid.

Fundamentos de Conformación por Fusión de Metales, Joaquín López Rodríguez.

Tecnologías de fabricación y tecnología de máquinas, M^a Jose Oliveros Colay.

Menú ayuda Solid Works.

Predicción del esparcimiento dendrítico, V.A.

El formato del fichero .STL, http://www.caddyspain.com/noticias/May06_4.htm

Metal de Wood <http://www.reade.com/es/home/privacy/822>

<http://www.rotometals.com/product-p/lowmeltingpoint158alloy.htm>

http://www.chemicalbook.com/ProductChemicalPropertiesCB5774830_EN.htm

<http://www.alfa.com/en/go160w.pgm?srchtyp=msds>

Wood's alloy MSDS (Material Safety Data Sheet)